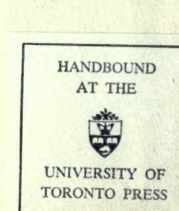
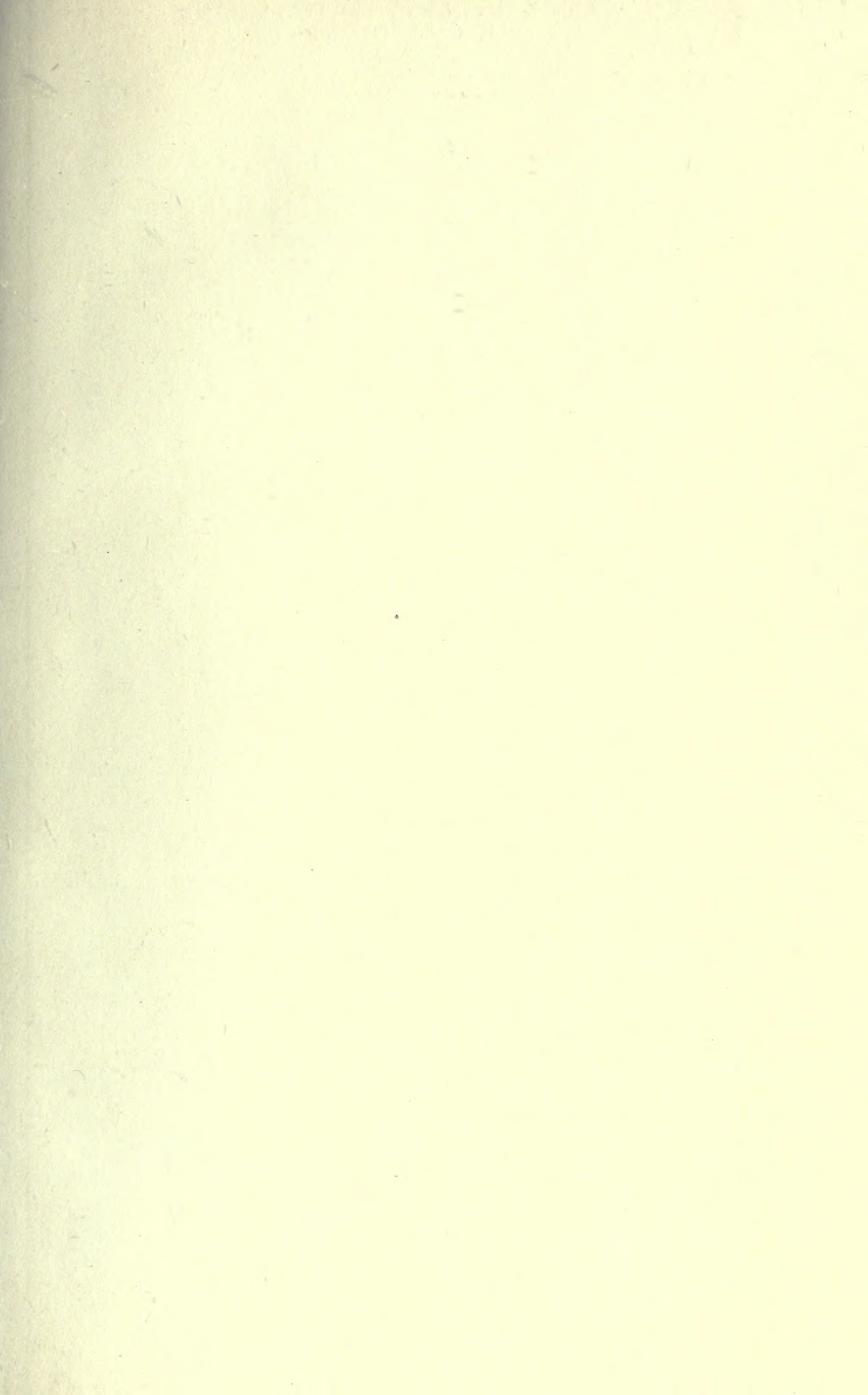
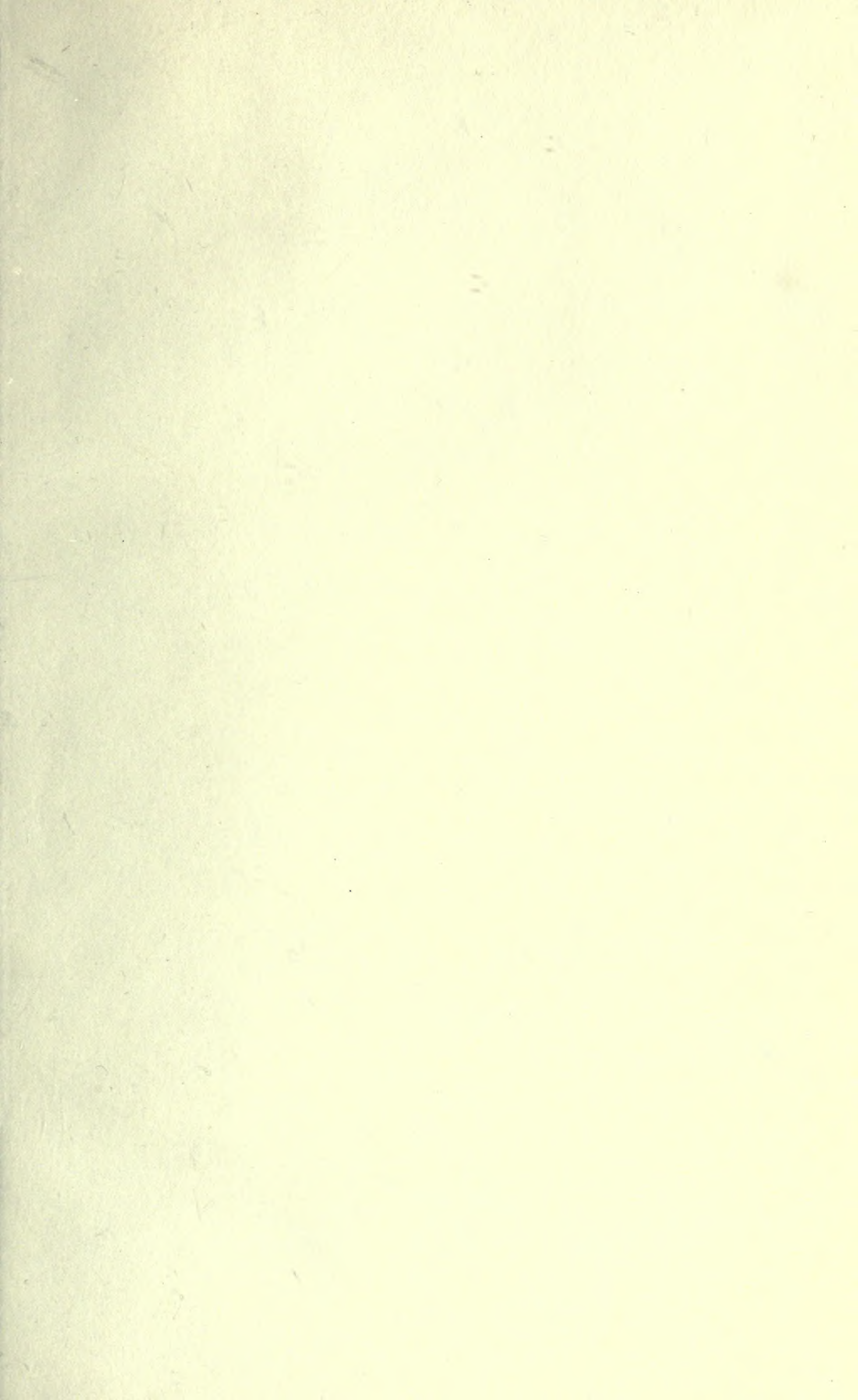
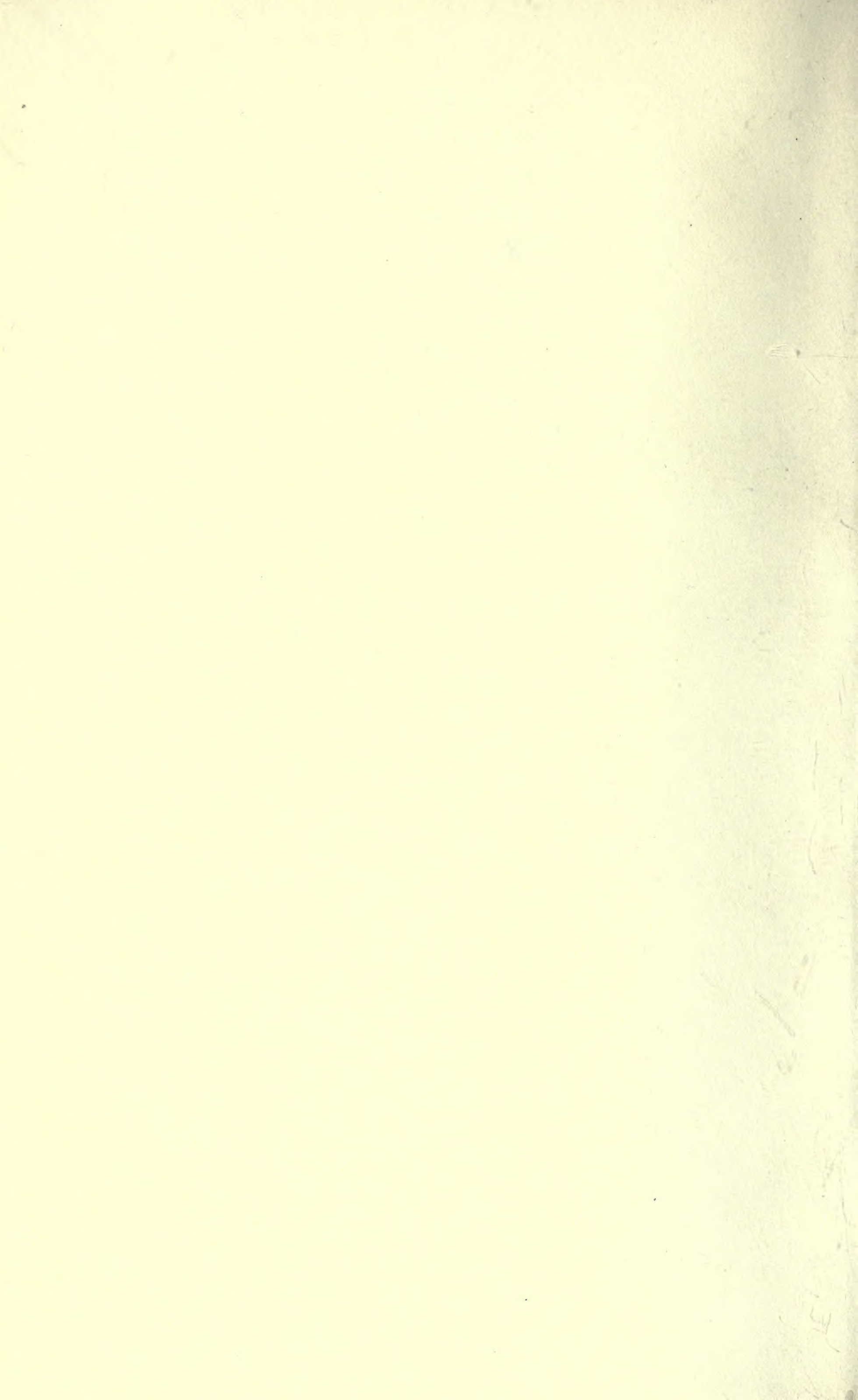
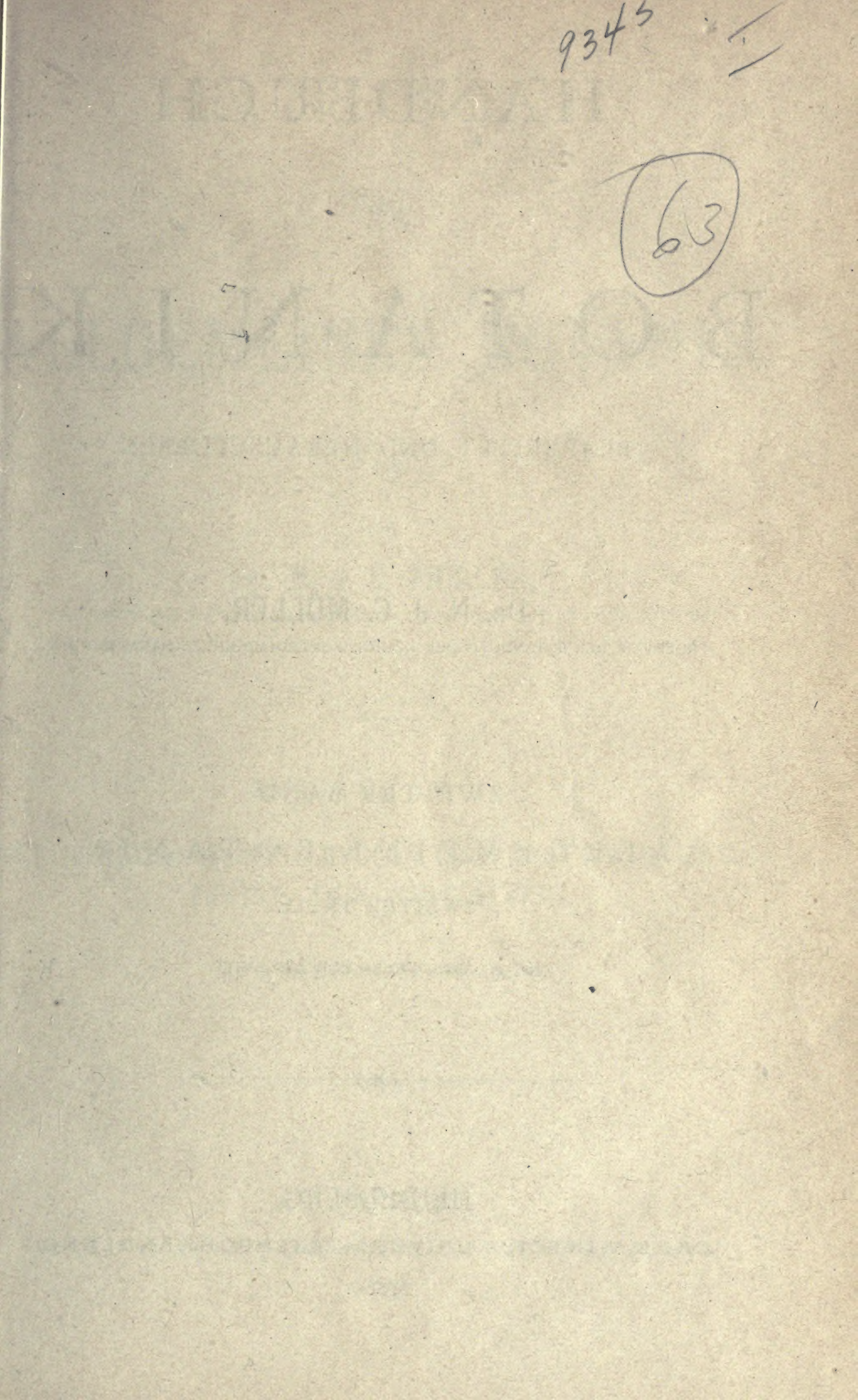

HANDBOUND
AT THE
UNIVERSITY OF
TORONTO PRESS











HANDBUCH

DER

BOTANIK.

BEARBEITET UND HERAUSGEGEBEN

VON

DR. N. J. C. MÜLLER,

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGL. FORSTAKADEMIE ZU HANN. MÜNDEN.

ZWEITER BAND:

ALLGEMEINE BOTANIK.

ZWEITER THEIL.

MIT 277 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1880.

HANDBUCH

DER

ALLGEMEINEN BOTANIK

VON

Dr. N. J. C. MÜLLER,

PROFESSOR DER BOTANIK AN DER KÖNIGL. FORSTAKADEMIE ZU HANN. MÜNDEN.

ZWEITER THEIL:

ALLGEMEINE MORPHOLOGIE UND ENTWICKLUNGSLEHRE DER GEWÄCHSE.

MIT 277 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1880.

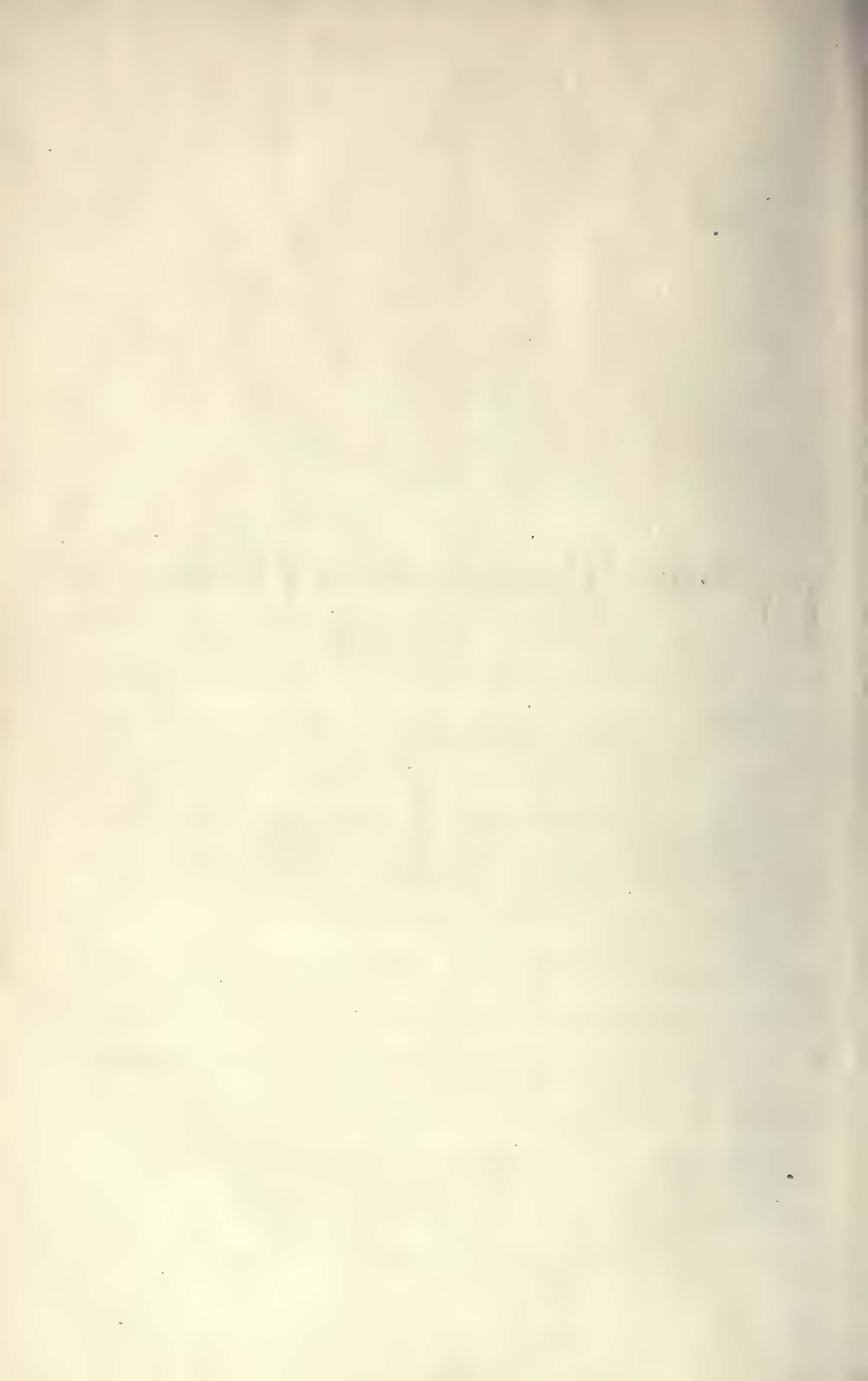
HERRN

M. THILENIUS

DR. MED. IN WIESBADEN

IN FREUNDSCHAFT GEWIDMET

VOM VERFASSER.



VORWORT.

Dieser Band des Handbuchs wurde im Winter des Jahres 1878/79 ausgearbeitet. Während des Zeitraumes, welcher für die Herstellung der Holzstöcke erforderlich war, habe ich mich entschlossen, die Disposition des Buches dahin zu erweitern, daß die Systematik der niederen Pflanzen und der Gefäßkryptogamen eingehender berücksichtigt wurde, als dieß sonst wohl für die Abhandlung der Allgemeinen Morphologie üblich ist. Dieß geschah, um dem Leser den Ueberblick einer genügenden Anzahl von Formen- und Entwicklungsreihen zu ermöglichen, als Belege für den genetischen Zusammenhang der aus dem Algenstamm hergeleiteten Verwandtschaftsreihen. Die Lehre von der Blattstellung wurde vor den Gefäßkryptogamen untergebracht, die Morphologie und Entwicklung der Stammpflanzen in XXXIV Entwicklungscyclen vergleichend und in aufsteigender Richtung fortschreitend vor-

geführt. Zu besonderem Danke fühle ich mich Herrn Dr. M. Thilenius in Wiesbaden verpflichtet, welcher, als ausgezeichneter Kenner der niederen Lebewesen, mir in dem Ferienaufenthalt in Wiesbaden vielfache Unterstützung zu Theil werden ließ.

Münden, im Juni 1880.

Dr. N. J. C. Müller.

Inhaltsverzeichniß.

Zweiter Theil:

Allgemeine Morphologie und Entwicklungslehre der Gewächſe.

Erſte Abtheilung:

Theorie der Entwicklung. Deſcendenzlehre.

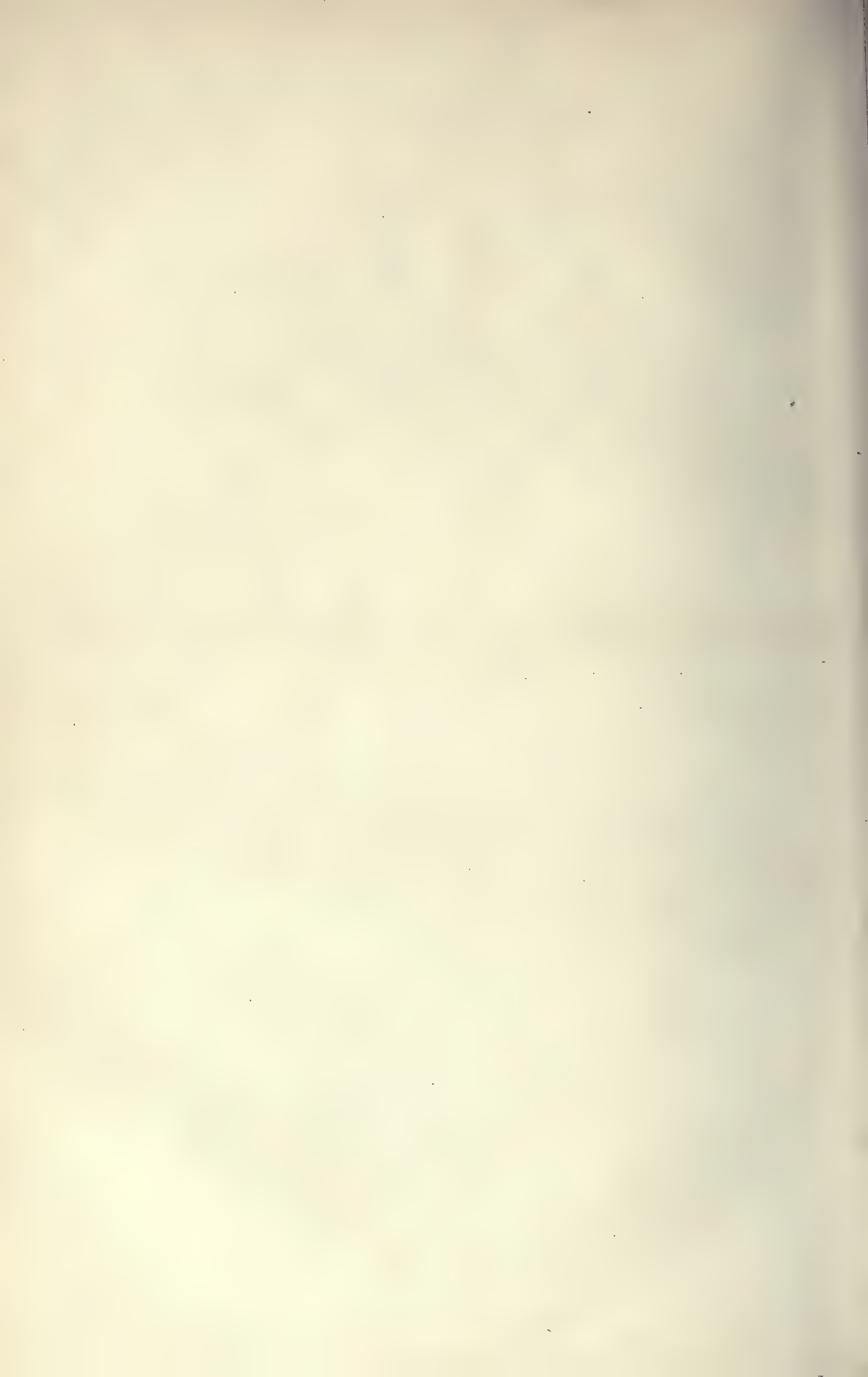
Seite.

Zweite Abtheilung:
Die natürlichen Verwandtschaftskreise und die Generation.

Dritte Abtheilung: Vollkommnere Anpaffung an die climatifche Periode, Auftreten der leitenden Gewebe und der Wurzel.

Vierte Abtheilung: Blüthenpflanzen. Metamorphoſe und Anpaſſung der drei Organe Stamm, Blatt, Haar bei den Blüthenpflanzen.

*



Allgemeine Morphologie und Entwicklungslehre der Gewächse.



Erſte Abtheilung:
Theorie der Entwicklung. Deſcendenzlehre.

Einleitung.

Die Sätze, welche als Erfahrungsreſultate angeſehen werden müſſen, lauten:

I. Es iſt bis jetzt niemals gelungen, die Entſtehung eines Organismus außer Zuſammenhang mit früheren Lebeweſen zu beobachten.

II. Es iſt niemals gelungen, die Entſtehung niederſter Lebeweſen aus den anorganiſchen Körpern wahrzunehmen.

Hieraus entſpringt für den Ueberblick höherer und niederer Lebeweſen die Vorſtellung, daß ſie in die Vergangenheit wie in die Zukunft eine unendliche continuirliche Kette der Bewegung darſtellen, in welcher die feſte Form, die ſich unſeren Sinnen bemerklich macht, gewiſſermaßen nur den äußeren Ausdruck eines bis jetzt unerforſchlichen und mechaniſch unbegreiflichen Bildungstriebes darſtellt[1]).

Die allgemeine Morphologie hat die Aufgabe, die Geſetze der Geſtaltung zu erforſchen, die Benennung der Formen und Organe, die Entwicklung derſelben in der Zeit. Alle Organismen unterliegen dieſem Geſetz:

III. Sie entſtehen und vergehen in beſtimmter begrenzter Zeit und machen in dieſer gewiſſe mehr oder weniger geſetzmäßige Umwandlungen in der äußeren Geſtalt, im Habitus und Charakter durch. Alle Organismen vererben ihre Eigenſchaften auf ihre Deſcendenten.

---

[1]) Die LAMARCK-, DARWIN-, HÆCKEL'ſchen Theorieen werden häufig in ihrer Geſammtheit «mechaniſche Theorie der Entſtehung der Arten» genannt, dieß ſind ſie nicht.

IV. Die Eigenfchaft aber ift nicht unwandelbar, fondern kann durch einen inneren Trieb verändert werden: Die Pflanze variirt. Nur durch diefe Eigenfchaften ergiebt fich ein Unterfchied von den anorganen Form-Individuen, welchen wir unwandelbare Eigenfchaften in Form und Maffe zufchreiben (Kryftall, Molecul, Atom).

Die heutige Naturwiffenfchaft ift gezwungen anzunehmen, daß die höheren und höchften Wefen von niederen abftammen. Die Pflanze von höherer morphotifcher Differenz ftammt von einer Pflanze geringerer morphotifcher Differenz ab.

§ 1. Morphotische Differenz.

Wir verftehen unter dem morphotifchen Unterfchied die Abweichung in der Geftalt und Entwicklung der einzelnen Auszweigungen an der Pflanze.

Eine Pflanze ift niedrig differenzirt, wenn alle ihre Auszweigungen unter fich geftaltlich und entwicklungsgefchichtlich gleich find.

Wir nennen eine Pflanze hoch differenzirt, wenn ihre Auszweigungen geftaltlich und entwicklungsgefchichtlich ungleich find. Niedrig differenzirte Pflanzen find viele Algen und Pilze, bei welchen in einer und derfelben Zelle alle Organe vereinigt fein können. Eine folche vertritt zu gleicher Zeit oder nach und nach die Form, die Function der Vermehrung und der Ernährung.

Hoch differenzirt find die Blüthenpflanzen, in welchen viele taufende folcher Zellen zu Organen und Auszweigungen verfchiedener Form und Bedeutung entwickelt find. Wir unterfcheiden hier als Hauptorgane: Wurzel, Stamm, Aft, Zweig, Zweiglein, Blätter, Blüthe, Haar, Drüfen. Waffen: Dorn, Stachel, Ranke. Blüthe und Gefchlechtsapparate.

§ 2. Descendenzlehre.

A. Blutsverwandtschaft.

Zwifchen einer Pflanze, welche alle diefe Organe differenzirt, und der einzelligen Alge beobachtet man viele Uebergangsformen. Aus der Entwicklungsgefchichte ergiebt fich andererfeits, daß urfprünglich in der Einzelzelle der Keim zu allen Theilen der erwachfenen Pflanze ruhte.

In einer einzigen Zelle ist der Ahne aller Generationen einer Art zu suchen.

Die Descendenzlehre, welche diese Hypothese macht, sagt aus, daß die natürliche Verwandtschaft der Arten auf Blutsverwandtschaft beruht. Aber auch dieser Satz schließt eine unerweisliche Hypothese ein, sie lautet:

V. Wenn man den Ursprung aller Massen jetzt lebender Wesen in jener Kette rückwärts verfolgt, so nehmen diese alle im gleichen Zeitpunkt den Raum eines Organismus ein, in welchem vollständige Diffusion der Massentheilchen möglich war.

Die natürlichen Familien müssen demgemäß aus einander im Laufe der geologischen Zeiträume hervorgegangen sein, so daß die einfacheren zuerst, die complicirten zuletzt auftraten.

Durch die Blutsverwandtschaft ist bedingt, daß die bestimmten Züge: 1. des Charakters, 2. der Lebensweise, 3. der Gestalt von den Ahnen auf den Sprößling übertragen wurden, so wie thatsächlich ja mit dem geschlechtlichen Acte eine Mischung eintritt, in welcher die Eigenschaften der Eltern als Keime vereinigt werden. Die Blutsverwandtschaft im Sinne der Darwin'schen Lehre involvirt materielle Substrate bei der Uebertragung der Form, des Charakters etc. von Generation zu Generation. Ueberträgt man diese Betrachtung auf die Zelle einer einzigen Pflanze, so findet man eine ähnliche Blutsverwandtschaft, da eine Generation der Zustand der Zelle zwischen zwei aufeinanderfolgenden Theilungen ist.

Wir können sagen:

VI. Eine niedere Pflanze kann aus einer einzigen Zelle bestehen, so die Palmellaceen, Desmidieen u. a. m., welche nur einfache Theilungen ausführt, so daß 2, 4, 8 . . . . neue Individuen je der nächsten Generation entstehen.

Die höhere Pflanze verfährt im Wesen der Sache nicht anders; sie entsteht ebenfalls aus einer einzigen Zelle (der Eizelle). Die Abkömmlinge dieser aber bleiben vereinigt zu dem Stock oder Stammbaum von vielen tausend Zellen in einem Individuum.

Die niedere Pflanze ist eine Algenzelle aus der Familie der Palmellaceen. Sie wächst mit einfachem Hohlraum, einem einzigen flüssigen Leib, welcher die Hülle der Membran vergrößert, sich ernährt, sodann sich theilt in zwei Individuen, welche demgemäß unter sich nächste Blutsverwandte sind.

Die beiden Descendenten Fig. 1 *c d* zeigen keine anderen Eigenschaften als ihre Mutterzelle. Sie wiederholen denselben Proceß. Denken wir uns die verschiedenen Generationen, deren Zähligkeit 1, 2, 4, 8 sein kann, nicht für sich individualisirt, sondern verwachsen, so entsteht ein Zweigsystem. Die einzelnen Glieder (Generationen) 1, 2, 4, 8 derselben verlieren bei gewissen Algen die Theilungsfähigkeit.

In jedem Gliede aber ist ein Theil (wägbarer Theil) des flüssigen Leibes der ersten Generation enthalten.

Die complicirte Pflanze läßt sich verfolgen von dem Zustand der Einzelzelle, der Keimzelle, durch deren Theilung das System nach zahlreichen Generationen verschiedener morphotischer Bedeutung sich vollendet, bis zu dem Zustande, wo wiederum in einzelnen Zellen der Vorgang der Zeugung erfolgt.

B. Vertheilung der Functionen.

In dem Maße der Zerklüftung in Tochterzellen werden die Functionen, welche ursprünglich in der Einzelzelle als Keime niedergelegt waren, an bestimmte Zellen vertheilt, so daß eine Tochterzelle zur Dauerzelle — die andere zur Mutterzelle werden kann.

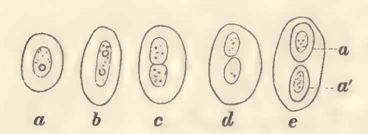


Fig. 1. Palmogloea macrococca. Entwicklungsreihe (nach A. Braun). *a* eine Zelle vor der Theilung mit Gallerthülle. *b* eine ebensolche im Maximum der Ausdehnung kurz vor der Theilung. *c* soeben vollzogene Theilung. *d* die beiden Tochterzellen haben sich getrennt. *e* an den Tochterzellen haben sich die Gallerthüllen gebildet.

Die eine trägt den Keim zum Blatte, die andere zur Wurzel, die dritte den Keim zum Zweig. Ja selbst in einem und demselben Gewebe, als da sind: Parenchym der Rinde, Mark, Epidermis u. s. f., sehen wir, daß unter 10 oder 20 Zellen eine einen Krystall führt, die andern nicht; eine bildet ein Haar, die andern nicht; eine bildet eine Drüse und die andern nicht u. s. f. Alle aber sind unter sich Blutsverwandte, alle entsproßten der einzigen Zelle, der Keimzelle. Die Uebertragung der in der Eizelle gemischten Substrate für die verschiedenartigsten Functionen an die Einzeltochterzellen kann man die physiologische Differenzirung nennen, so weit es sich um Lebensprocesse handelt, die morphotische Differenzirung, soweit die Form dabei allein in Betracht kommt.

Die Blutsverwandtschaft der Zellenabkömmlinge mit der Keimzelle zeigt sich in ihrer Neigung, die Processe der letzteren zu wiederholen.

a) Der Descendent verbleibt in der Zellencolonie.

Von der Keimzelle ausgehend können die Descendenten des ersten, zweiten, . . n ten Grades verwachsen bleiben. Sie müssen sich dann selbstredend gegenseitig anpassen, zunächst räumlich nicht anders wie sich Gasblasen in einem Gefäße unter sich und dem Gefäße anpassen, in welchem sie enthalten sind. Ihre Theilungsfähigkeit und anderweitige Function wird durch räumliche Widerstände verschieden sein müssen. Ein an der freien Außenfläche liegender Abkömmling wird größeren Spielraum haben als ein allseitig eingeschlossener. Andererseits wird der nach außen liegende Ab-

kömmling größeren Gefahren ausgesetzt sein, dem entsprechend andere Functionen übernehmen gegenüber dem ganzen System, welchem er angehört.

b) Der Descendent verläßt die Zellencolonie.

Zählen wir von der Keimzelle der gegebenen Pflanzenart ab die Generationen 1, 2 . . . n, welche in dem unter a) besprochenen Sinne verbunden bleiben, um das angestrebte System zu vollenden, bis wir zur Anlage der zweiten Generation kommen, d. h. derjenigen Zelle, welche bestimmt ist, von der Pflanze abgeschieden zu werden, um draußen eine neue Pflanze zu bilden, so beschreiben wir den Cyclus von Theilungs- und Wachsthumsprocessen, welchen man die Evolution der Form nennt, und betreten die zweite Generation, wenn wir bei der zweiten Eizelle angelangt sind. Diese kann nun ein naher oder entfernter Verwandter der ersten Eizelle sein, von welcher wir ausgingen. Die Verwandtschaft ist um so näher, je niederer die gegebene Pflanzenart steht, sie ist um so entfernter, je höher die Pflanze organisirt ist.

C. Rückschlag an Zellen und Zellgeweben.

Die Dauerzellen der Pflanzenorgane, der Blätter, des Stammes, der Wurzel u. s. f. haben im allgemeinen die Eigenschaft verloren, ähnliche Evolutionen auszuführen, wie die Keimzelle (die Knospe), nur ausnahmsweise schlägt die Dauerzelle in die Keimzelle zurück, so daß durch ihre Theilungen eine förmliche Verjüngung eintritt; so documentiren die adventiven Sprosse der Blattzähne von Bryophyllum, Fig. 2, die Blutsverwandtschaft mit der Knospe, den Zellen des Vegetationspunktes; ebenso wie alle adventiven Sprossungen in den Blüthenstand der viviparen Größen, die adventiven Laubsprosse der Rinde unserer Waldbäume, die Brutknospen der Zwiebelpflanzen, die Conidien der Laub- und Lebermoose auf das deutlichste zeigen, daß der Keim der Verjüngung, welcher in der einen Phase dem Organ abhanden kam, in der späteren wieder zum Vorschein kommt.



Fig. 2. Das Blatt von Bryophyllum mit Adventivknospen *p* in den Blattgliedern (Zähnen) zur Demonstration des Rückschlags von Dauerzellen des Blattes in die Function der Knospengewebe.

Bei den viviparen Farren, Fig. 3, erfolgt die Verjüngung aus den fertig differenzirten Zellen des Wedels *B*, die Ausflußstelle liegt zwischen *A A'*.

Eine engbegrenzte kleine Stelle des Blattgewebes bringt hier eine mit allen Organen verfehene junge Pflanze hervor.

Sowie an einem Stock, deffen Dauerzellen nach längerer Ruhe plötzlich wieder die Verjüngung beforgen, die Verwandtfchaft der Dauerzelle mit der Keimzelle (oder dem Vegetationspunkt) nachgewiefen ift, fo erweifen uns die Gewohnheiten, die Lebensweife, der Charakter und die Form der Enkel die Blutsverwandtfchaft mit den Ahnen.



Fig. 3. Durchfchnitt durch die adventive Farrenpflanze, welche aus dem fertig differenzirten Farrenwedel *B* entfproßt. Zwifchen *A* und *A*¹ verjüngen fich die Zellen des Blattes. *F F*¹ *F*² die aufeinanderfolgenden Wedel. *W* die Wurzelanlage an der Bafis des Wedels. *v* Vegetationspunkt. *p* keulenförmige Spreufchuppen (Haare). *E* Epidermis.

Diefer Rückfchlag (Atavismus) führt zur Reproduction fichtbarer Eigenfchaften der Afcendenten in Defcendenten, während die Formkeime ruhten in den dazwifchen belegenen Abkömmlingen. Genau fo aber an einer Pflanzengeneration können wir die adventive Verjüngung aus der Dauerzelle unter diefe Erfcheinung rechnen (phyfiologifcher Atavismus).

Ganz durchfchlagend tritt diefer Rückfchlag bei Verwundungen höchft organifirter Pflanzen ein. Bei folchen werden Zellengewebe zur Neubildung gereizt, welche fonft einem ftabilen Zuftande zuftrebten. In diefem wären fie für immer in Ruhe und nur folchen molecularen Veränderungen ausgefetzt, welche nichts mit den vitalen Proceffen zu thun haben.

So hat die Zone *G H*, Fig. 4, ein Rinden- und Holzftück repro-

ducirt aus Zellen, welche dem fertig differenzirten Holz angehörten (f. S. 370, Buch I).

Die letzten Defcendenten eines Vermehrungsgewebes find durch den äußeren Reiz in die Gewohnheiten ihrer Ahnen zurückgefchlagen.

Beide Vorgänge der Reproduction, die Knofpenbildung des Bryophyllum und die Neubildung an der Wunde, Fig. 4, zeigen uns, daß die phyfiologifche Differenzirung der Zelle im complicirten Organismus niemals eine vollkommene ift; daß vielen noch fo deutlich individualifirten Zellen die Eigenfchaften der Keimzelle, wenn auch im niederen Grade innewohnen.

Bei der allgemeinen Behandlung der Erfcheinungen des Rückfchlags follte man in erfter Linie Charakterzüge in's Auge faffen, oder Bewegungserfcheinungen an Organismen ftudiren, welche auf Verwandtfchaft im Charakter fchließen laffen. Die fichtbare Form des Lebewefens muß doch zuletzt abhängen von jenen Gewohnheiten in Bewegung und Lebensweife der Ahnen. Der Parafitismus z. B. ift früh im Pflanzenreich aufgetreten.

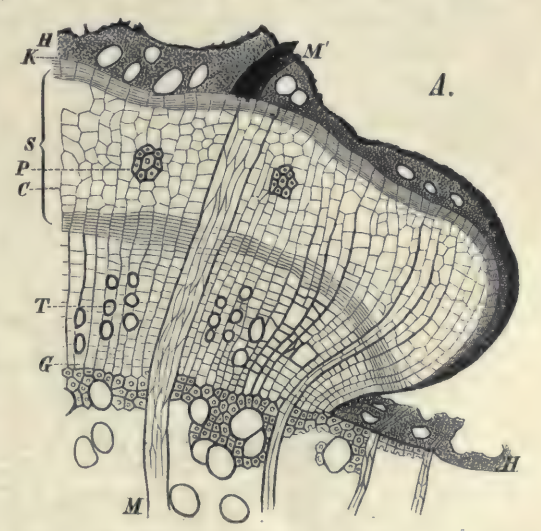


Fig. 4. Callusbildung bei der Buche aus der Grenzzone des foeben entftandenen Holzzuwachfes. Nachdem die Rinde abgefchält war, trocknete die äußere Schale des cambialen Holzes ein *HH*, und aus einer tieferbelegenen Schicht entftand der callofe Zuwachs, in welchem ein Cambium *C* functionirt. *P* die Rinde. *K* Kork. *F* der Zuwachs am Holz (f. Bd. I d. Handbuchs, S. 370).

Zuerft aber müffen nothwendigerweife höhere Nährpflanzen entftanden fein.

Muftern wir die höhere Pflanze hinfichtlich der Form der vegetativen Theile, so finden wir, daß fie fich dem Subftrat und der Nährpflanze anpaffen, in ihren Gefchlechtsapparaten aber mit den Algen vielfach übereinftimmen. Der Parafitismus verfchwindet für vegetative Theile vollftändig in allen Moofen, in allen höheren Cryptogamen, bei allen Coniferen, er tritt erft wieder auf bei den Blüthenpflanzen.

Die mechanifchen Eingriffe, welche mit denjenigen des Parafiten faft übereinftimmen, finden fich aber in allen benannten Claffen: es wurzelt die Moosfeta in der beblätterten Moospflanze und im Lager der Lebermoofe, die fogenannte primäre Axe beeinflußt das Prothallium der höheren Cryptogamen, der Vorkeim der Selaginellen und Coniferen zerftört, gerade fo wie es ein Parafit thun würde, das Endofperm der Eifproffe. Der Pollenfchlauch verhält fich ganz ähnlich wie eine parafitäre Pilzhyphe.

Ganz auffällige Wucherungen, welche zerftörend in die nächfte Umgebung wirken, bilden:

1⁰ die Embryofäcke der parafitären Scrophularineen und ihrer nächften Verwandten (Lathræa);

2⁰ Formzüge, welche in einer niederen Pflanzengruppe charakteriftifch, fpäter in höheren aber felten find, kommen hie und da, aber felten, zum Ausdruck, z. B. die Bildung von Zellengliederfäden, es find dieß Zelltheilungen, welche abfchließen mit einem cylindrifchen Faden hintereinanderbelegener Zellen (Fadenalgen). Diefer Modus der Zellbildung fehlt ganz in den Blättern der Muscineen. Chlorophyllführende Lamellen diefer Art aber treten, bezogen auf die Gefammtgruppe der Moofe, ganz vereinzelt, aber ebenfo ganz gefetzmäßig auf bei den Polytrichen und einer Barbula membranifolia, Fig. 6. Das Protonema der Laubmoofe ift ein derartiger Rückfchlag nach dem Typus der Fadenalgen.

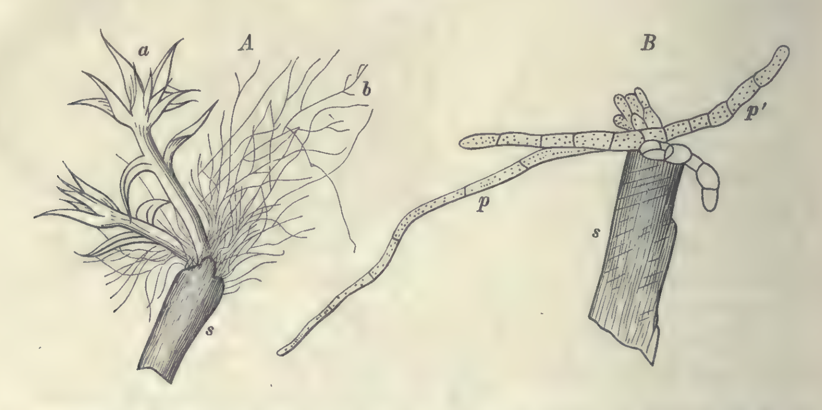


Fig. 5. Vorkeimwucherungen aus Abfchnitten der Seta in künftlicher Cultur. *A.* Sproffung aus der Seta von Hypnum cupressiforme, *a* junge beblätterte Moospflanze, *b* protonemaartige Fäden. *B.* Ebenfolche von H. serpens, *p p'* die Protonemafäden. (Nach N. Pringsheim, Vegetative Sproffungen der Moosfrüchte. Königl. Ak. d. Wiff. Berlin 10. Juli 1876.)

Das Auftreten von Protonemafproffen an der Seta der Laubmoofe, Fig. 5, im Verlauf künftlicher Culturen aber ift der merkwürdigfte Beleg dafür, daß die Keimkraft durch unzählige Generationen von Zellen mitgeht, um gelegentlich zum Ausdruck zu kommen. Denn diefe Sproffungen verdanken ihren Urfprung einem Gewebe, welches fonft unter allen Umftänden vollftändig fteril ift und rafch differenzirt wird.

Hierhin gehören alle jene auffälligen Gebilde, welche in auffteigender Richtung in den Verwandtfchaftskreifen immer feltener werden: die Prothallien der Farren z. B., welche rückwärts in den Lagern der Metzgerien, Marchantien, Pellien analoge Theilungsvorgänge befitzen, aufwärts aber gar keine analoge Bildung aufweifen.

3° kann man alle Verjüngung als einen Rückschlag nach den Gewohnheiten der Zelle oder des Zellencomplexes der Ascendenten ansehen. Dahin gehören:

a) vegetative Verjüngung: vivipare Gräser, Alliumarten, Farrenkräuter, Bryophyllum;

b) sexuelle Verjüngung;

c) Rückschläge durch Bastardirung je nach dem Einfluß von Vater und Mutter in dem Bastard zweiten Grades. Die Bastarde des ersten Grades vereinigen in sich alle Eigenschaften der Eltern gleichmäßig, so daß z. B. eine rothe Blüthe der Mutter und eine gelbe des Vaters, oder umgekehrt, im Bastard so zum Ausdruck kommen, daß dessen Blüthen aus Roth und Gelb gemischt erscheinen. Werden nun die Bastardabkömmlinge in mehreren aufeinanderfolgenden Zeugungen nur vom Vater belegt, so schlagen die daraus entspringenden Bastarde des zweiten Grades allmälig in die Form und Farbe des Vaters zurück[1]).

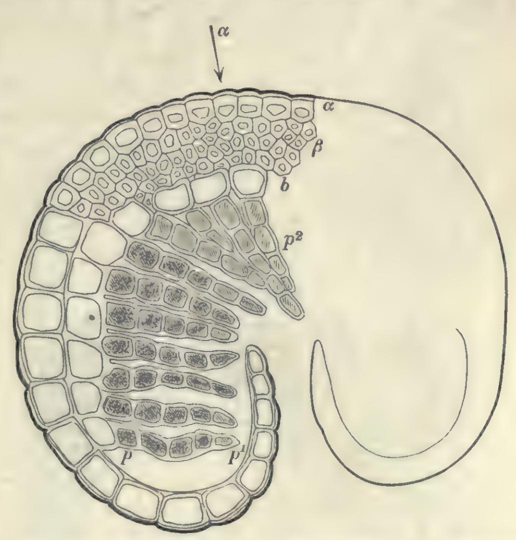


FIG. 6. Querschnitt des Blattes von Barbula aloides nach LORENTZ (in PRINGSH. Jahrb. VI). Die chlorophyllführenden Lamellen $p\ p^1\ p^2$ entsprossen der Oberseite des Blattes, nachdem dieses in der Fläche fertig differenzirt ist.

D. Zerstreuung der Charakter- und Formzüge.

Wenn einmal die Hypothese DARWIN's Eingang gefunden hat, daß alle Eigenschaften durch materielle unendlich feine Keime erhalten bleiben und durch viele Generationen mitfließen, so drängt sich zunächst der Betrachtung die Zerstörung solcher Formkeime auf. Die Eigenschaften oder vielmehr die Formkeime zu denselben werden im Laufe vieler Generationen verdünnt, vertheilt, dadurch in dem sichtbaren und wägbaren Substrat seltener, so daß schließlich auch der ihnen entsprechende sichtbare Ausdruck der Eigenschaft gar nicht mehr zu Stande kommt. Umgekehrt kann die Anzahl der Formkeime auch wachsen, so daß der sichtbare Ausdruck für die entsprechende äußere Eigenschaft verstärkt wird.

E. Accumulation[2]).

Umgekehrt wird man sich eine Anhäufung jener Formkeime denken müssen, so daß im Laufe mehrerer Generationen die entsprechende Eigenschaft im Charakter oder der

[1]) A. BRAUN, Verjüngung, z. B. Cytisus Laburno-purpureus.

[2]) Die geringe Differenz zwischen Varietät und Stammform vergrößert sich, neue Abweichungen und nach andern Richtungen treten auf. Die der Varietät nützlichen Ab-

Form häufiger auftritt, zuweilen verfchwindet und wiederum auftritt. Solches Auftreten und Verfchwinden, wiederum verftärkte Auftreten und endliche Conftantwerden findet man für viele Gebilde, wenn man das Pflanzenreich von den niederen nach den höheren Verwandtfchaftskreifen abmuftert. Die Behaarung, die Secretion, die Umwandlung (Metamorphofe) von Blatt und Stamm zu Offenfiv- und Defenfivwaffen und vieles andere.

Die Accumulation wird durch die künftliche Zuchtwahl befchleunigt. Wir verftehen darunter die Auswahl, welche der Züchter unter den Eltern für die nächfte Generation trifft. Meift gefchieht dieß in der Abficht, gewiffe Variationen, neue Eigenfchaften, welche in einer gegebenen Generation zuerft auftreten, zu verftärken, conftant zu machen. Auf diefe Weife entftehen noch jetzt die zahlreichen Spielarten der Zierpflanzen, der Blumen, der Gemüfe, der Obftarten, der Hausthiere.

Möge in einem gegebenen Areal, einem Gartenbeet, nur eine Form mit rothen Blüthen vorkommen, fo benutzt der Züchter die geringfte Abweichung nach der weißen hin dazu, weiße Blüthen zu züchten, indem er nur weiße gegenfeitig befruchtet. Aus den folgenden Generationen wählt er wiederum die weißen aus und erhält nach mehreren Generationen die gewünfchte Varietät. A priori läßt fich leicht einfehen, daß wenn einer neuen Eigenfchaft ein materielles Subftrat zu Grunde liegt, diefe Methode, weil fie von Vater und Mutter diefes Subftrat im befruchteten Ei häuft, zu dem angegebenen Ziele führen muß: daß auch der fichtbare Ausdruck in der neuen Eigenfchaft größer und conftanter wird.

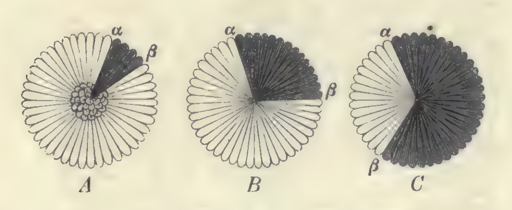


Fig. 7. Schematifche Darftellung der gefüllten Blüthenfcheibe von Bellis, der Gartenform. In *A* ift α β der rothgefärbte Sector, während die größere Fläche weiß ift, die Größe des rothgefärbten Theiles wächft nach *B* und *C*.

Die Neigung zu variiren wohnt in jedem Organismus; fie muß als unabhängig angefehen werden von äußeren Einflüffen, wie die Wirkungen von Schwere, Licht, Boden-

weichungen werden conftant, die fchädlichen verfchwinden. Z. B. bei den Hieracien finden wir ein ähnliches Verhalten wie bei den Kürbiffen und Kohlarten. Neben zahlreichen Formen, die man als Arten anfieht, findet man noch zahlreichere Mittelformen, die nur z. Th. Baftarde, meift aber Varietäten von vollkommener Fruchtbarkeit find. Nägeli findet, daß wenn man alle Typen, die durch Uebergangsformen von vollkommener Fruchtbarkeit verbunden find, in eine Art vereinigen wollte, drei Species refultirten:

Pilosella (Piloselloiden),
Hieracium (Archieracium),
Chlorocrepis (Hier. staticifolium),

zwifchen diefen mangeln die Uebergänge vollftändig. Die Hieraciumarten müßten nach Nägeli durch Transmutation aus untergegangenen oder noch lebenden Arten entftanden fein. Die Culturformen find durch Zwifchenglieder verbunden oder diefe find ausgeftorben, je nachdem find die Arten fcharf getrennt oder nicht. So wie der Züchter, bewußt oder unbewußt, eine beftimmte Eigenfchaft durch Zuchtwahl accumulirt, fo verfährt auch die Natur, nur mit viel complicirteren Mitteln. Weizen accumulirt feinen Mehlgehalt in der Frucht, Kohlarten verftärken Eigenfchaften, welche für das Leben diefer Pflanzen in der freien Natur geradezu fchädlich find, Rüben ihren Zuckergehalt u. f. f.

befchaffenheit, Wärme, wiewohl manche Variation fich diefen Agentien anpaffen mag.

Beifpiele der Variation, welche eine folche Anpaffung ausfchließen, find:

Zerfchlitzte Buchenblätter, Weinblätter (Peterfilientraube), Farbe der Blüthen, Panachiren der Ahorne (diefe Eigenfchaft ift geradezu fchädlich), Dimorphismus der Blüthe bei Oxalis, Viola, Linum, Primula. Bei Carpinus, Alnus treten unter vielen ganzrandigen wenige zerfchlitzte Blätter auf.

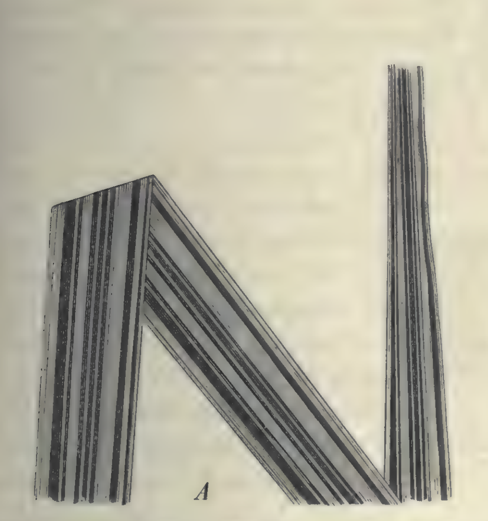




Fig. 8. Panachirte Blätter. *A* Phalaris arundinacea. *B* Acer pseudoplatanus. Die hellen Partieen find die chlorophyllfreien, die dunkeln entfprechen den grünen Theilen der Blattfläche.

Einzelne grüne Blätter treten an der Blutbuche, einige fchwach und wenig roth gefärbte Blätter treten an der gewöhnlichen Buche auf.

Die zahlreichen Georginen ftammen von drei Stammpflanzen her, welche 1789—91 aus Mexico nach Madrid gefandt wurden. Im Jahre 1808 waren in St.-Cloud nur vier Dahlienforten. Aehnlich verhielten fich Iris- und Cinerariaforten, die alle von einem oder wenigen Samen gezogen wurden. Es ergeben fich bei dem erften Auftreten der Variation zwei Wahrnehmungen:

1° zeigt fich das häufige Auftreten einer und derfelben Varietät und

2° die Erfcheinung des Rückfchlages einzelner Zweige in die Stammformen an einer gegebenen Varietät.

Neben geringfügigen erblichen Modalitäten der Abweichung kommen auch fehr weitgehende, plötzliche Abweichungen vor, die, wenn nicht der Urfprung bekannt wäre, zur Aufftellung neuer Gattungen Anlaß geben würden (Pelorien der Linaria). Varietäten find nicht immer conftant (fo wie

man gute und ſchlechte Arten unterſcheidet), ſie können aber durch Zuchtwahl conſtant gemacht werden.

Der Ausdruck Varietät iſt ebenſo ſchwer zu definiren wie der Ausdruck Art, gemeinſchaftliche Abſtammung iſt meiſtens mit einbedungen, obwohl ſo ſelten mit Beſtimmtheit nachweisbar.

Primula veris und Pr. elatior ſind durch zahlreiche Zwiſchenglieder verbunden und werden als Varietäten angeſehen, obwohl ihre Eigenſchaften und ihre Lebensweiſe ſo verſchieden iſt, daß ſie als Arten gelten könnten.

Papaver somniferum mit Antheren, welche in Carpelle umgewandelt ſind, iſt in Heidelberg nach Hofmeister formbeſtändig; die Varietät wurde zuerſt beobachtet 1863 mit 6 % von dieſen ausgeſäet,

1864	»	17 %	geerndtet	»
1865	»	27 %	»	»
1866	»	69 %	»	»
1867	»	97 %	»	».

Eine derartige Bildungsabweichung wird eher ſchon als Monſtroſität bezeichnet.

Unter Monſtroſität verſteht man eine Abweichung der Structur in einem Theile der Form, welche dieſer nicht nützlich, ſondern ſchädlich iſt und welche ſich gewöhnlich nicht vererbt (Darwin).

Wenn es ſich daher nach den vorſtehenden Feſtſtellungen um die Frage handelt, ob eine Form als Art oder Varietät zu beſtimmen ſei, ſcheint die Meinung der Naturforſcher von geſundem Urtheil und reicher Erfahrung der einzige Führer zu ſein.

1. Varietäten.

Man muß grundſätzlich Varietät eine Abweichung in der Generation $n + 1$ bezogen auf die Generation n nennen, welche ſelbſtändig aus einem inneren Bildungstrieb entſpringt, unabhängig von äußeren Agentien und unabhängig von der geſchlechtlichen oder vegetativen Miſchung, wie ſie durch Kreuzung zweier Stammarten, Verwachſung, Pfropfen u. ſ. f. ſtattfindet.

Die Abweichung iſt ſchädlich, z. B. jenes Panachiren, wodurch der Baum eine geringere Lichteinnahme hat (vergl. Bd. I S. 490 ff.), und wird in der Natur nicht gehäuft. Sie kann nur erhalten bleiben, indem der Menſch ſie ſchützt. Faſt alle dem Menſchen nützliche Eigenſchaften unſerer Culturpflanzen würden die Racen zum Untergang führen, wenn die Cultur des Menſchen plötzlich aufhörte. Es fehlt den Culturvarietäten aus der Familie der Gräſer (Cerealien) z. B. jedes Mittel die Concurrenz abzuhalten (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 477 in der Note).

Die Eigenſchaft iſt nützlich für die Erhaltung der Race, alsdann wird ſie gehäuft, verſtärkt, ohne jenen künſtlichen Schutz. Denn jetzt iſt ihre Nützlichkeit für die Erhaltung der Race das Moment für die Häufung (Accumulation).

2. Monstrosität[1]).

Die Abweichung von der gewohnten Form kann plötzlich gesteigert sein, so daß ganz fremdartige Gebilde bezogen auf jene zum Vorschein kommen.

Immerhin zeigen sich hier Rückschläge monströser Art, welche an Bekanntes, an gewohnte Bildungen, die zu anderer Zeit, in anderer Phase oder bei ganz nahe verwandten Arten vorkommen, anklingen, z. B. die Pelorien der Scrophularieen, Fig. 9 und 10. Die Pelorien der Linaria, Fig. 9, welche streng pentamer nach den pentameren regelmäßigen Blüthen der Solaneen und verwandten Familien hinschlägt. Die Pelorie des Antirrhinum, Fig. 10, welche das Löwenmaul geöffnet bandartig gebildet zeigt, wie die Zungenblüthen der (freilich entfernt verwandten) Compositen.

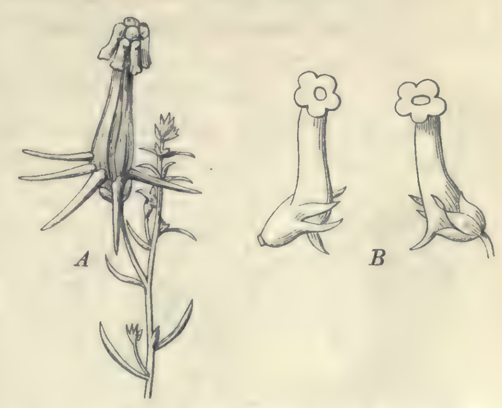


FIG. 9. Pelorien der Linaria vulgaris nach RATZEBURG (nachgelassenes Manuscript in der Bibliothek der Königl. Forstakademie Münden). *A* Fünfgliedrige Blumenkrone, fünf Sporne. *B* Fünfgliedrige isoradiäre Blumenkrone mit einem einzigen Sporn.

Jedes Organ der Blüthen, jede Anthere, jeder Eispross, jedes Carpellblatt vermag, wenn die Blüthe einmal in Abweichung gerathen ist, in vor- oder rückschreitender Richtung zu durchaus abweichender Form sich zu gestalten, Fig. 10.

---

[1]) **Missbildungen (Monstrositäten).**

MOLDENHOWER, Beiträge z. Anatomie d. Pflanzen. 1872. Kieler Königl. Schulbuchdruckerei G. L. Wäser. — *Notice sur la cloque de la pomme de terre par* B. C. DU MORTIER. *Bruxelles* 1845. — Dr. F. L. v. SCHLECHTENDAL, Mißbildungen und Frucht bei Papaver. — Prof. Dr. SCHLECHTENDAL, Abnorme Blattbildungen. Bot. Ztg. 55. Abnorme Bildungen. Bot. Ztg. 56. Abnorme Pflanzenbildungen. Bot. Ztg. 57. — G. VROLIK, *Eene zonderlinge wækering der blœmeñ in Poars Vingerhœd (Digitalis purpurea).* Sep.-Abdr. — Dr. GEORG ENGELMANN, *Icones Florum antholyticorum.* Frankfurt a. M. 1832. — C. A. MEYER, Mißbildungen, beobachtet an Cardamine pratensis. 1838. — L. C. TREVIRANUS, Weitere Bemerkungen über monströse Blätter von Aristolochia macrophylla. Fernere Beobachtung über Verkümmern der Blumenkrone und die Wirkungen davon. — J. H. MOKKENBŒR, med. doct., Beschreibung einer *Volled. Vergrœning van Primula sinensis Lindl.,* Sep.-Abdr. — E. VON BERG, Vollständ. Bericht über einig. bei verschied. Pflz. beobachtete Ausartungen. Neu-Brandenburg 1843. — M. Th. PARLATORE, *Note sur une monstruosité des cônes de l'abies brunoniana Wallich.* Paris. — BEYERINCK, M. W., Ueber Pflanzengallen. 17. 33. Bot. Ztg. 77. — CELAKOVSKY, L., Vergrünungsgesch. der Eichen von Trifolium repens L. 137. 153. 169. Bot. Ztg. 1877.

Die monftröfe Vergrünung in der Blüthenregion führt die Gebilde nach der Laubregion zurück, Fig. 11.

Statt der Blüthen entftehen doldig geftellte Blätter bei Carum und anderen Umbelliferen; bei Celofia fchlagen alle Blüthen oder ein großer Theil fehl. Es entftehen Schuppenblätter der Hochblattregion.

a) Aeußerer Reiz bekannt.

Für einige diefer Abweichungen kann ein äußerer Reiz als Urfache angefehen werden. Die abnorme Ausbildung kümmernder Zweige bei der Birke, Tanne, die fogenannten Hexenbefen, find Folgen parafitären Einfluffes der Pilze. Die Wucherungen des Infectenftiches der Gallwefpen (Cynips), der Phytoptus, zahlreicher Pilze der Uredineen, Ustilagineen, Chytridieen u. a. m. gehören hieher. Sie dürfen nicht vererblich fein. Wohl aber muß die rückwirkende Anpaffungsfähigkeit der Nährpflanzen an den Parafiten vererblich gedacht werden.



Fig. 10. Pelorien von Antirrhinum majus. *A* Die fünf Zipfel der pentameren Corolle ganz verbändert. *B* Die Unterlippe in zwei Lappen zerfchlitzt (nach Ratzeburg, Skizzen aus dem Nachlaß).

Verwundungen, fofern fie nicht Tod durch zu großen Verluft an leitenden Geweben oder Fäulniß veranlaffen, verurfachen eine Maffenzunahme, häufig eine Axenabzweigung oder eine abnorme Wucherung der Korkzellen. Bedeutender noch zeigt fich die Maffenvermehrung bei dauerndem Druck (Ueberwallung von Stämmen, welche fich gegenfeitig preffen), Ueberwallung von Ringeldrähten. Bei den Gallen unterfcheiden wir:

a) folche, an denen fich die Axe fowie die Blätter betheiligen;

b) folche, welche aus dem Grundgewebe der Blätter entftehen (Knoppern), es gehört die der Rofa hieher von Cynips.

Bei der Fichte veranlaffen Milben die Bildung von gefchloffenen Zapfen aus der vegetativen Knofpe.

b) Aeußerer Reiz unbekannt.

Die Fafciationen der Tanne, Fichte, Erle, der Compofiten, Plantagineen u. a. m. aber entftehen ganz vereinzelt, und ein äußerer Reiz ift ebenfo unbekannt wie für die erften Spuren der Variation der fonftigen leifen Bildungsabweichungen.

Wir heben das oben schon Gesagte noch einmal hervor:

VI. Die Variation ist innerlich bedingt mit kaum nennenswerthen Ausnahmen. Der in der Natur scheinbar so vielfach sich anzeigende Einfluß der Medien des Lichts, der Wärme u. s. w. auf die Variation beruht auf spontaner Adaption der geeignetsten Form (Varietät) an die gegebenen besonderen Verhältnisse.

Ebenso müssen Ernährungszustände von der Variation unterschieden werden. Erblich werdende neue Eigenschaften sind unabhängig von der Ernährung, dem Lichte u. s. f., wiewohl namentlich die Verpflanzung in den Garten die Constitution der Form erschüttern kann, so daß das Auftreten neuer Varietäten rascher erfolgt.



Fig. 11. *a b* vergrünte Blüthen von Primula sinensis Lindl. *c d* die Placenten aus solchen vergrünten Blüthen bei dreifacher Vergrößerung (nach Cramer, Bildungsabweichungen, Zürich 1864).

Gerade weil die Varietät von äußern Agentien nicht abhängt, wird sie erblich. Wäre die neue Eigenschaft von Licht, Schatten z. B. abhängig, so könnte sie eben nicht erblich werden.

Stets beginnt die Varietät mit schwachem Ausdruck der neuen Eigenschaft, schwach und wenig andersfarbige Blätter, Blüthen, wenig gefüllte Blüthen der Malven, Rosen, Aconite. Auch die monströse Neigung ist im Beginn schwach und neigt zur Anhäufung (Hofmeister's Verzeichniß der metamorphen Mohnblüthen, s. Allg. Morphologie).

F. Künstliche Zuchtwahl. Kampf um's Dasein. Darwin's Theorie.

Man kann diesen Gegenstand, dessen Literatur in allen Gebieten in kurzer Zeit so außerordentlich rasch gewachsen ist, daß eine Umschreibung der Aufgabe unnöthig wird, so behandeln:

Der Züchter schützt die von ihm gewünschte im Beginn schwache

Varietät gegen die Mitbewerber. Er wählt unter den zahlreichen Varietäten diejenige aus, welche ihm in irgend einem Sinne Vortheil bietet. Solche Eigenfchaften können offenbar für die Erhaltung der Race geradezu fchädlich fein dann, wenn fie den Schutz des Züchters entbehren, die ganze Macht äußerer Einflüffe in der freien Natur auszuhalten haben. Somit vollführt die künftliche Zuchtwahl dreierlei, bezogen auf die Wirkung aller Naturkräfte, welche im freien Zuftande[1]) die Race beeinfluffen:



FIG. 12. Stärker vergrößerte Eifproffe aus den vergrünten Blüthen der Primula sinensis (vgl. Fig. 11). *a* ein normales Ovulum. *b* bis *g* verbildete Ovula aus den Placenten *c* und *d* Fig. 11 (bei 20- bis 30-facher Vergrößerung nach CRAMER a. a. O.).

1⁰ eliminirt fie alle Mitbewerbung um das von der Race bewohnte Areal;

2⁰ erfchüttert fie den Charakter der Racen durch Erleichterung und Erfchwerung der Exiftenzbedingungen;

3⁰ führt fie die fexuelle Zuchtwahl einem beftimmten Ziele zu, indem fie Vater und Mutter wählt (beftimmt)[2]).

VII. Im allgemeinen ift die künftliche Zuchtwahl eine einfachere Kette von Caufalitäten als die Kette von unzähligen äußeren Einwirkungen, gegenüber welchen fich die gegebene Race im freien Zuftande zu erhalten hat.

Wir müffen nun, um die Vorftudien zu dem Begriff der Art zu machen, fefthalten, daß der Züchter durch feine Hilfsmittel zu Formen kommt,

---

[1]) Der Zuftand, wo aller Eingriff durch Menfchenhand ausgefchloffen ift.

[2]) DARWIN, Entftehung d. Arten. 1. Ausgabe überfetzt von BRONN. Stuttgart. Schweizerbart 1863. Entftehung des Menfchen, überfetzt von V. CARUS. Stuttgart ebend. 1871. — HÆCKEL, Generelle Morphologie der Organismen. Berlin. G. Reimer. 1866. Schöpfungsgefchichte. Berlin. G. Reimer. 1870. — Dr. E. ASKENASY, Beiträge zur Kritik d. DARWINfchen Lehre. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1872. — Prof. ERDMANN, DARWIN's Erklärung pathognomifcher Erfcheinungen. Halle. H. W. Schmidt. 1873. — ZITTELMANN, Der Materialismus u. f. f. Preußifche Jahrbücher 1876. 2. Bd. S. 513 ff. — Bericht der Münchener Naturf.-Verf. 1877. Rede VIRCHOW's.

welche jedenfalls, wenn fie von den Naturforfchern draußen im Freien angetroffen würden, als Arten (Species) angefehen würden.

Der Züchter aber hat den Stammbaum der zwei, drei u. f. f. Varietäten, welche er aus der Stammrace erzielte, in der Hand, er weiß (oder



FIG. 13. Gallen an der Eiche. *a* Biorhiza aptera. *b* Dryocosmus macroptera. *c* Aphilotrix Sieboldi. *d* Dryocosmus cerriphilus. *e* Cynips Hartigii. *f* C. argentea. *g* Aphilotrix serotina. *h* Cynips polycera. *i* C. glutinosa. *k* Aphilotrix lucida. *l* A. calliderma. *m* A. glandulofa. *n* Cynips aries. *o* Dryophantha cornifex. *p* Dr. disticha. *q* Neurotherus fumipennis. *r* N. numismaticus. *s* Cynips marginalis. *a* und *b* find Wurzelgallen, die übrigen Blatt- und Zweiggallen.

konnte doch genau wiffen), wie die jetzt lebenden mit der urfprünglichen Race verwandt find, von welcher fie ausgingen. Offenbar kann er die Stammart ganz verfchwinden, eingehen laffen. Der fichtbare Ausdruck concurrirender Varietäten würde dann verfchwunden fein, oder nur eine gefchriebene Spur in feinem Archiv zurücklaffen.

Hier hat alfo der Wille des Menfchen durch einen einfacheren Proceß dasfelbe erzielt, was die Natur, wie zu zeigen ift, mit vielen taufenden analoger Beziehungen in einer fteten Kette von äußeren Einflüffen erreicht.

In dem Ausdruck «der Kampf um's Dafein» hat DARWIN alle diefe Beziehungen zufammengefaßt.

1. Kampf um's Dasein.

Ein jeder Organismus fucht fich zu vermehren, um fich zu greifen, ein möglichft großes Areal zu beherrfchen. Familien, die dieß erreicht haben,

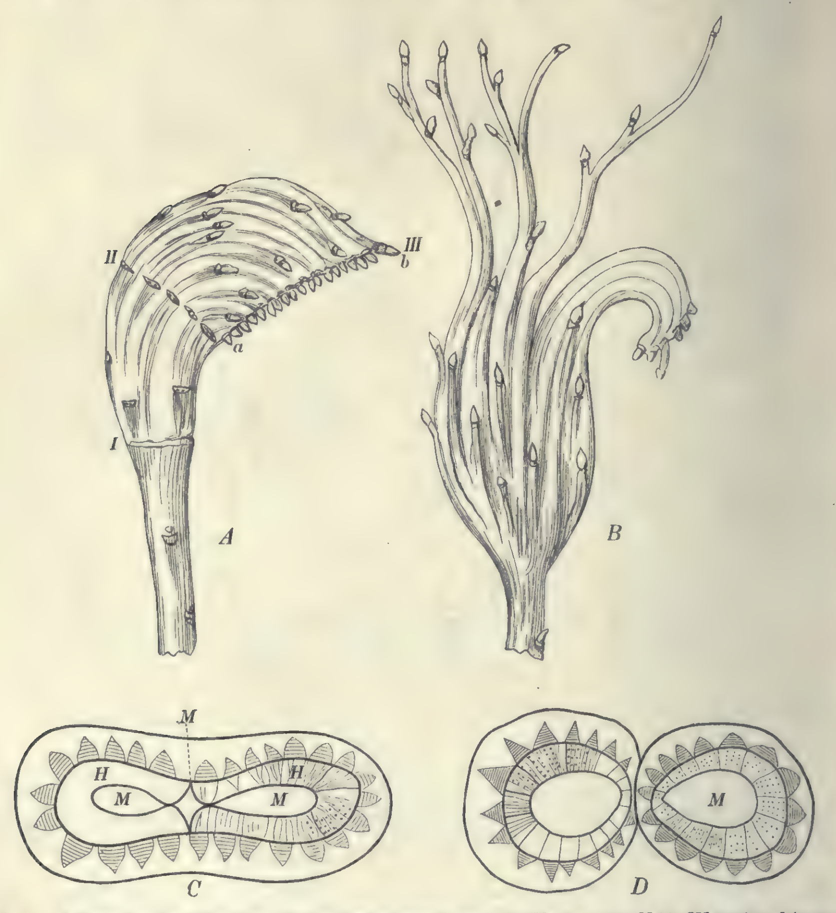


FIG. 14. *A* Fasciation der Efche, bis *I* ift der Zweig normal, von *I* bis *II* erfter, von *II* bis *III* zweiter Jahrestrieb des verbänderten Zweiges, in *a b* eine Reihe dichtgedrängter Knofpen. *B* Fasciation der Erle, zum Theil löft fich das Band wieder in normale Zweiglein auf. *C* Querfchnitt durch eine Zweigverfchmelzung der Linde. *D* ebenfo von der Stelle, wo die Verwachfung vollftändig ift.

werden dominirende genannt, auch wenn fie nur mit wenig Arten auftreten, als Beifpiele: Gramineen, Papilionaceen, Compofiten, Cupuliferen u. v. a., welche den Charakter der gegebenen Flora kennzeichnen. Siegreiche Formen find die Bewaffneten gegen die Waffenlofen:

Die Neſſel verdrängt viele andere Unkräuter, die Zaunrübe erdrückt durch ihre Klammerapparate die Geſträuche. Galium aparine ſiegt überall an ſeinem Standort.

Waffen ſind die Brennhaare, die Ranken, die Stacheln, Hauſtorien, aber auch die Farbenpracht, der Honigreichthum, die wohlſchmeckenden Früchte.

In einer gegebenen Gegend wird die gegebene Race durch die Mitbewerber in Schranken gehalten. Auffällig ſiegreiche Eindringlinge bei uns ſind:

1^{0} Elodea canadensis, ſeit 1842 in England, ſeit 1854 in Holland, bei uns ein Schifffahrt beläſtigendes Unkraut;

2^{0} Erigeron canadensis, Unkraut unſrer Wälder;

3^{0} Oenothera biennis, ſeit Ende des 17. Jahrhunderts bei uns aus dem Orient;

4^{0} Cosmopoliten ſind: die Urticaceen, Plantagoarten, die Zigeunerpflanzen: Lycium, Atropa u. a. m., über die Florengebiete der ganzen Welt verbreitet ſind die Compositae.

Herrſchende Racen ſind die viele Mitbewerber ausſchließenden Fagus-, Quercusarten, die Coniferen. Die Waldregion der nördlichen Halbkugel beſitzt vicariirende Arten von Aſien über Europa und Nordamerika (Pinus, Fagus, Quercus, Picea, Abies).

1^{0} Das Vorkommen ſporadiſcher Pflanzen iſt ſelten, der Zuſammenhang der Wohnbezirke vollſtändig.

2^{0} Die Inſelfloren ſind beziehungsweiſe arm. Herrſchende Racen der Continente fehlen, namentlich für ſchwerbewegliche Früchte (Eiche z. B.).

3^{0} Die Tropenflora und die Floren der Südſpitze Afrika's und Amerika's weichen am vollſtändigſten von den continentalen Floren der nördlichen Halbkugel ab.

4^{0} Bei jeder plötzlichen Ortsveränderung (Verſchleppung von Samen) geräth der Ankömmling in ein Gebiet, in welchem die Gegenwirkung kleiner iſt als in ſeiner Heimath.

5^{0} Der Kampf um's Daſein vermindert auch die wenig kampffähigen Formen, ſomit die Anzahl der Varietäten, ſo allein kommt es dahin, daß ſyſtematiſch ſcharf umſchriebene Arten zu Stande kommen.

VIII. Hauptſatz. Der Kampf um's Daſein vermehrt die Individuenzahl der ſiegreichen Formen. Die Geſammtzahl der Formen wird durch das Verſchwinden der beſiegten auf einem gegebenen Areal kleiner, während die Anzahl weniger Arten wächſt.

Unter naheverwandten Kämpfern mit gleichen Waffen wird der Kampf am härteſten, die Ausſchließung am raſcheſten ſein.

«Große Sippen, d. h. artenreiche Verwandtſchaftskreiſe, haben meiſt mehr dominirende Arten im gegebenen Areal als kleine artenarme Sippen.»

«Die dominirenden Arten, d. h. die am üppigſten im gegebenen

Areal wachfenden und in der größten Individuenzahl vorhandenen bilden die ausgeprägteften Varietäten (beginnende Arten)», z. B. Hieracien, Rubus.

2. Darwin's Theorie.

IX. Die Darwin'fche Theorie fagt aus: der Kampf um's Dafein wirkt ähnlich aber mannigfacher wie die künftliche Zuchtwahl. Er accumulirt diejenige neue Eigenfchaft, welche der Form nützlich ift.

Die Entftehung neuer Formen mit erblichen feften Eigenfchaften ift fomit zunächft begründet in der Neigung zu variiren.

Die Befeftigung, Häufung, Vererbung diefer ift Folge der fortgefetzten gefchlechtlichen Mifchung von Individuen gleicher Variation.

Der Kampf um's Dafein trifft eine Auswahl unter den beginnenden Varietäten einer Generation, er vernichtet die fchwachen und erhält die ftarken. Er wählt die nützliche und verwirft die fchädliche oder indifferente Abweichung.

IXa. Nützliche Eigenfchaften werden accumulirt, fchädliche werden deprimirt, indifferente bleiben fchwankend[1]).

Die Theorie fchließt die Annahme ein, daß die Accumulation Folge der häufigen gefchlechtlichen Mifchung fei.

Diefe größere Anzahl der Generationen ift aber offenbar eine Folge der Nützlichkeit der Eigenfchaft.

3. Schädlichkeit der Selbstbefruchtung.

Die Schädlichkeit der Selbftbefruchtung wird um fo größer, je weiter die morphotifche und fexuelle Differenz ausgebildet ift. Als Ausnahmen finden fich bei wenigen niederen Pflanzen gefchlechtliche Zellen als Schwefterzellen, welche zum gefchlechtlichen Austaufch gelangen, z. B. Rhynchonema (unter den Conjugaten), fchon bei Spirogyra, den Oedogonien und allen höheren Algen ift die Möglichkeit einer Wechfelbefruchtung gegeben.

Bei Vaucheria deutet die Richtung der Antheridienöffnung auf das Beftreben hin, die Selbftbefruchtung zu vermeiden. Die weite Verbreitung des Diöcismus bei Saprolegnien, Characeen, Algen (Fucaceen), Muscineen,

---

[1]) Nägeli nimmt an, daß die Abweichungen nicht allein durch den Kampf um's Dafein accumulirt werden, daß die Abweichungen nicht bloße zufällige nach allen möglichen Richtungen divergente find, welche durch den Kampf um's Dafein befeftigt werden, fondern glaubt, daß die Veränderungen nach einer beftimmten Richtung zielen, fo daß aus der Urzelle nur die jetzt lebenden und keine andern complicirten Organismen entftehen konnten.

Farren, Gymnospermen und Angiospermen weist darauf hin, daß die Selbstbefruchtung vermieden werden soll.

Die reiche Gliederung der Phanerogamen und höheren monöcischen Cryptogamen bedingt ebenfalls schon eine weitere Verwandtschaft zweier von ungleichen Zweigen stammenden Geschlechtszellen.

Die scheinbare Bevorzugung der Selbstbefruchtung in der Anlegung der beiderlei Apparate, z. B. Antheridien und Archegonien zusammen auf demselben Zweige bei Bryumarten[1]), beweist nichts gegen das Streben nach Wechselbefruchtung. Die Prothallien sind monöcisch bei den Farren; hier ist Selbstbefruchtung jedenfalls, da die Prothallien gesellig leben und die Geschlechtsreife der beiden Organe nicht in den gleichen Zeitpunkt fällt, ausgeschlossen.

Bei den Phanerogamen kommen Zwitterblüthen neben diklinischen vor. In der Zwitterblüthe selbst aber giebt es mannigfache Vorrichtungen, um die Selbstbefruchtung unmöglich zu machen.

Ohne eine Mischung, sei dieß nun eine sexuelle oder eine Pfropfung, ist daher die Befestigung, Accumulation, Vererblichkeit der Varietät nicht denkbar.

Indem der Kampf um's Dasein die Möglichkeit der schwachen Varietäten, sich zu mischen, kleiner macht, die der starken größer, wirkt er ähnlich wie die sexuelle Zuchtwahl, welche vom Kampf um's Dasein unabhängig, dem geweihlosen Hirsch, spornlosen Hahn, allgemein dem häßlichen Männchen weniger Gelegenheit giebt, ein Weibchen zu finden, um seine Eigenschaften zu vererben.

X. Der Kampf um's Dasein vermindert die Anzahl neuer Varietäten mit schädlichen Eigenschaften und vermehrt die Anzahl der Individuen mit nützlichen Eigenschaften.

XI. Die Häufung der nützlichen Eigenschaften ist proportional der Anzahl der geschlechtlichen Mischungen.

XII. Im gegebenen Areal werden nun die nützlichen häufiger zur Kreuzung kommen und daher constanter werden.

XIII. Daher wirkt der Kampf um's Dasein wie die künstliche und sexuelle Zuchtwahl.

XIIIa. Die erste Consequenz ist:

Die indifferenten Abweichungen müssen die variableren, die nützlichen die constanten sein.

---

[1]) Die Gattung Bryum besitzt etwa 8 zwittrige, d. h. solche Arten, bei welchen Antheridien und Archegonien in einem Perichætum eingeschlossen sind, auf etwa 16 monöcische, bei welchen die beiden Apparate getrennt auf derselben Pflanze und 20 diöcische, bei welchen die beiden Apparate auf verschiedenen Individuen angelegt werden.

In erster Linie hängt daher die Constanz der Eigenschaft von der Anzahl der Durchgänge durch die Kreuzungspunkte ab. Da bei diesen Vorgängen die Kenntniß der Morphologie und des sexuellen Charakters vorausgesetzt wird, so soll dieser Gegenstand in einem späteren Abschnitt ausgeführt werden.

Bekanntlich entstehen durch die künstliche Züchtung auf einem Areal, welches mit einer Form ursprünglich bedeckt war, Varietäten, welche unter sich kämpfen.

Die Sperre und die künstliche Wahl des Züchters können es dahin bringen, daß dasselbe Areal mit weit auseinandergehenden Varietäten schließlich erfüllt ist. Das Vorherrschen einer Varietät und das Untergehen einer andern im Kampfe mit untauglichern sind hier durch das Eingreifen des Züchters vermieden. Thatsächlich sind aber neue im Charakter divergirende Formen (schließlich in der Zeit constante Arten) entstanden. So sind also im Zeitraum von vielen Generationen aus der ursprünglichen Form A die Formen a' b' . . . e' entstanden, diese werden in dem Areal durch die Sorgfalt des Züchters erhalten dadurch, daß er die natürliche Zuchtwahl durch eine Sperre beeinflußt[1]). Um nun einzusehen, daß das Princip der Divergenz des Charakters in der Natur eine Rolle in der Entstehung der Arten spielt, beachten wir noch, daß die Formen a' b' . . . e' im Kampfe um's Dasein außer dem gesperrten Areal sehr verschiedene Rollen spielen würden, und nun denken wir uns die Sperre beseitigt, sowohl um das Areal A wie um jede einzelne Form. Jede der Formen wird nun den Kampf um's Dasein kämpfen, einige gehen unter, andere verhalten sich jetzt gerade so wie vorher A, d. h. jede wird zu einer Stammart. Die Divergenz nimmt dann selbstverständlich zu. Dabei ist nur vorausgesetzt, daß das Aufheben der Sperre überhaupt die Formen a' e', welche vorher schon divergirten, noch divergenter mache. Die Artenzahl wächst dann.

4. Die Verbreitungsmittel.

Die Verbreitung der Pflanzen geschieht bei den niederen Pilzen und Algen mit Hülfe von im Wasser schwimmenden und zum Theil mit Wimperbewegung versehenen Schwärmzellen.

Die Bildung trockener außerordentlich kleiner Sporen und Sporidien ist dagegen eine Anpassung an die Luftströmungen.

Die Gonimonzellen der sonst stabilen und langsam wachsenden Flechten theilen sich, bei einigen verwandeln sie sich in Zoosporen, welche schwärmen und in kurzer Zeit große Flächen besiedeln, sie dringen selbst in merklicher Tiefe in die Holzröhren angeschnittener Aeste ein.

Anpassungen an die Verbreitung im Wasser zeigen alle Moose, Charen, alle, auch die landbewohnenden höheren Cryptogamen für die männlichen

---

[1]) Die bloße Zeit an und für sich thut nichts für und nichts gegen die natürliche Züchtung. Die Veränderung in Folge der Züchtung ist nicht eine Function der Zeit, sondern eine Function der Bedingungen der veränderlichen Form im Kampfe, diese letztere Function aber ist eine Function der Zeit. Daher kommt es, daß Formen vom Züchter in der Zeit constant erhalten werden können. Hieran knüpft sich freilich die Frage: können Formen in unendlich großen Zeiträumen vom Züchter constant erhalten werden? S. DARWIN, Entstehung der Arten.

Gefchlechtszellen. Hier werden die zahllofen Schwierigkeiten durch die ungeheure Zahl der Spermatozoiden überwunden. Ein einziges Moos-antheridium liefert gegen 20000 Spermatozoiden. Die Sporen aller höheren Cryptogamen, mit Ausnahme der Makrofporen, find windtüchtig, ebenfo der Pollen aller Nadelhölzer.

Samen und Früchte der höheren Pflanzen zeigen vielfach Einrichtungen, durch welche fie befähigt werden, weite Reifen durch den Luftocean zu machen.

Die Samen bilden Haarfchöpfe mannigfacher Art, Fig. 15, durch welche fie mit Leichtigkeit in dem Winde fchwebend fortgeführt werden.

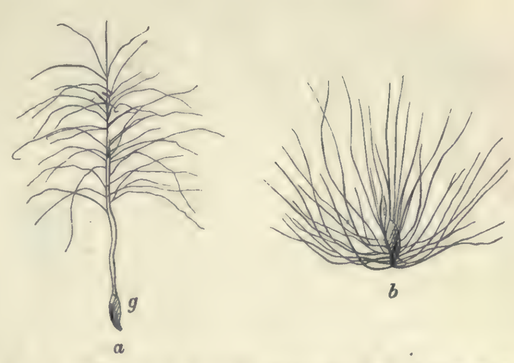


Fig. 15. *a* Myricaria germanica (Tamarifcineen). *b* Salix (Salicineen). Bei *a* ift der Haarfchopf geftielt, in *g* liegt der Schwerpunkt des Syftems. Bei *b* entfpringen die Haare an dem Funiculus in der Nähe der Micropyle des anatropen Ovulum. Der Schwerpunkt liegt über der Einfügungsftelle des Haarfchopfes in dem Ovulum (nach Hildebrandt).

Früchte betheiligen fich in diefem Sinne bei den Compofeen, bei den Typhaceen. Ganze Blattregionen werden bei den Gräfern zu demfelben Zwecke herangezogen. Es wird dort das Hochblatt, welches mit der Frucht verwachfen bleibt, durch Austreibung fpreuartig.

Die Carpelle bilden ihren Griffel zu Haken um bei den Rofaceen u. a. m. Fig. 18[1]).

Samen oder Frucht bilden Widerhaken, durch welche fie fich in rauhen Gegenftänden (Fell der Thiere) fefthaken.

Alle diefe Vorrichtungen erleichtern fomit zwei Wege der Verfchleppung:

1⁰ den Luftweg,

2⁰ die Verfchleppung durch Thiere, an deren Fell fie fich fefthaken[2]).

Endlich werden mehrere Organe, Carpell und Ovulum oder Carpell, Ovulum und Blüthenaxe windtüchtig ausgebildet, bei den Efchen, Terebin-

---

[1]) F. Hildebrandt, Ueber die Verbreitungsmittel der Compofitenfrüchte 1. Ueber die Verbreitungsmittel der Gramineenfrüchte 853. 869. Ueber die Verbreitung der Pflanzenfrüchte durch Haftorgane 885. 901. Ueber die Entwickelung der haarigen Anhänge an Pflanzenfamen 233. 257. Ueber einige gewebeartige Pflanzenhäute 472. Bot. Ztg. 72. — J. Hanstein, Ueber die Einbohrung der Geraniaceenfrüchte in den Boden 528. Bot. Ztg. 69.

[2]) F. Hildebrandt, Die Schleuderfrüchte und ihr im anatomifchen Bau begründeter Mechanismus. Pringsh. Jahrb. Bd. IX. S. 235.

thaceen, Ptelea, Acerineen, Betulineen, Ulmaceen u. s. f. oder es betheiligen sich selbst die Hochblätter an der Bildung windtüchtiger Vorrichtungen.

Es betheiligen sich somit alle Organe, welche bei der Frucht- und Samenbildung gestaltlich eine Rolle spielen, auch an der Ausrüstung des Aussaatobjectes für eine weite Reise.

Die vortheilhafteste Einrichtung für die Verbreitung ist der Fallschirm aus feinen Haaren oder Schuppen gebildet, so namentlich bei den Compositen. Bei diesen Einrichtungen liegt der Schwerpunkt in der Schirmaxe, in der Schließfrucht. Ein solches Gebilde schwebt in der bewegten Luft und macht weite Reisen, indem es der Windrichtung



FIG. 16. *a* Aeschinanthus atropurpureus, Gesneraceen. *b* Aeschinanthus speciosus. *c* Barkhausia alpina. *d* Typha, Typhaceen (nach HILDEBRANDT).

folgt. Der Fallschirm ist bei Tragopogon aus zahlreichen radial gestellten Borsten von 5—8 mm Länge zusammengesetzt, jede Lücke zwischen diesen wird durch zahlreiche Haare, welche sich zur Zeit der Fruchtreife im trockenen Zustande krümmen, ausgefüllt. Die Flügelsamen der Coniferen und die Flügelfrüchte der Ahorne rotiren beim Fall, der Flügel beschreibt dabei eine Schraubenlinie. Ebenso verhält sich die Frucht der Linde. Die Tragkraft der Flügel ist hier gegenüber der großen Masse der Samen und Früchte eine geringe. Die Reise wird hier für weite Strecken nur bei starken Stürmen möglich.

In den weiten Firnlagern der Hochalpen findet man auf dem Schnee neben den verwehten Blättern der Buche, Hainbuche aus dem obersten Waldgürtel auch die Samen der Fichte, Lärche, des Ahorn, die geflügelten Früchte der Birke. Die Entfernung solcher Fundorte vom Standort der Pflanzen beträgt häufig 8—10 Stunden Luftdistanz und der Niveauunterschied 5000—6000'.

Anpassungen oder vortheilhafte Einrichtungen für das Ausstreuen der Samen finden sich in den saftigen Springfrüchten (Impatiens), in den trockenen Springfrüchten (Euphorbia), wo die Samen mindestens auf die Entfernung von mehreren Metern fortgeschleudert werden.

Auffällige Schleimfrüchte bildet Viscum, der Schleim geht zum Theil unver-

daut durch den Darmkanal der Misteldrossel und klebt den Samen an die Baumrinde. Schleimsamen finden sich bei vielen Cruciferen, bei Salvia, Quitte und mehreren andern. Die Schleimhülle ist eine vortheilhafte Einrichtung für die Verbreitung.

In vielen saftigen Früchten oder Schleimfrüchten, welche von Thieren genossen werden, ist doch für die Verschleppung der Samen gesorgt, durch harte Samen- oder Fruchthüllen, welche schwer zerknirscht und noch schwerer verdaut werden.

Die Verbreitungsmittel der Wasserpflanzen, so namentlich der amphibischen oder fluthenden Ranunculaceen, R. fluitans, aquatilis, der Potameen, Myriophyllum, Ceratophyllum, der Elodea canadensis liegen in dem vegetativen Stamme dieser Pflanzen, jedes Bruchstück dieser, sofern es nur eine Blätterknospe enthält, ist im Stande nach weiter Wasserreise die Verjüngung zu besorgen.

G. Anpassung (Adaption).

Die Anpassung der Varietäten beziehentlich Arten kann zu Stande kommen dadurch, daß eine gleichgültige oder schädliche Eigenschaft im Laufe zahlreicher Generationen verschwindet oder geschwächt wird, aber auch dadurch, daß eine nützliche Eigenschaft der Art sich verstärkt. Durch beide Vorgänge wird selbstredend der Gesammtcharakter verändert. (Darwin zählt zu solchen Anpassungen die Farben der Raupen und Larven, die Spannerraupen, welche grüne Pflanzentheile bewohnen, haben sich dem Wohnort durch ihre grüne Farbe angepaßt. Rindenbewohnende Insecten sind grau. Schneehühner sind weiß. Alle genießen durch ihre Farbe einen Schutz, so lange sie in ihrem gewohnten Gebiete sich aufhalten.)

Bei den Pflanzen sind die Anpassungen von drei Organen zu untersuchen:

1° der Stamm (und die Wurzel);

2° das Blatt;

3° das Haar (und alle von diesem entwicklungsgeschichtlich herzuleitenden Anhangsgebilde).

Durch Anpassung an eine bestimmte Eigenschaft des Wohnorts machen sich Formen naher Verwandtschaft auf der Unterlage den Platz streitig, wiewohl freier Raum zwischen den Combattanten nicht mangelt. Sie schließen sich gegenseitig aus, ohne daß man im Stande wäre zu entscheiden, von welcher Waffe sie Gebrauch machen, in einigen Fällen kann man diesen Kampf auf das Licht zurückführen, so für die lichtbedürftige Kiefer. Der Laubwald schließt schon durch den Schatten zahlreiche Familien aus.

a) Licht und Schatten.

Die schattentragenden Fichte, Buche, Tanne würden sich selbst überlassen einen gegenseitigen Vernichtungskrieg führen. Die Heidelbeere aber verdrängt unter gleichen Beleuchtungsverhältnissen den jungen Buchenanflug.

Die Calluna schädigt die Kiefernschonung.

b) Unterlage.

Von hohem Intereffe find die Beobachtungen NÄGELI's an Pflanzen der hochalpinen Flora auf Alpwiefen, wo Licht, Wafſervertheilung auf dem Boden gleich, die geognoftifche Unterlage aber veränderlich ift. Achillea moschata, atrata, millefolium kommen im Val da fain (Engadin) zufammen vor.

A. moschata und millefolium find fchieferftet. A. atrata ift kalkftet.



FIG. 17. *a* Frucht von Avena pubescens, Gramineen. *b* von Aristida Schimperi, Gramineen. *c* von Pennisetum villosum. *d* von Hordeum iubatum. Alle etwas vergrößert. (HILDEBRANDT a. a. O. S. 73.)

Wo Schiefer aufhört und Kalk beginnt, verfchwindet A. moschata, A. atrata beginnt, beide bekämpfen fich, A. millefolium fteht dem Kampfe ferner.

A. moschata und atrata find nur fo lange bodenftet, als fie zufammen vorkommen. Mangelt aber eine, fo werden die andern bodenvag, d. h. fie kommen dann fowohl auf Schiefer als auch auf Kalk vor. So fand NÄGELI mitten auf dem Schiefer einen Block,

der nur von der A. moschata, welche sonst schieferstet, besiedelt war, die hier ohne mit A. atrata zu kämpfen existirte[1].

Auf dem bestimmten Areal (Schiefer) stehen 1 000 000 Individuen von A. moschata vertheilt zwischen anderen Algenpflanzen, mit welchen sie den Kampf zu ertragen haben. Der Zustand von einer Million muß als ein temporärer Gleichgewichtszustand angesehen werden, so daß das Hinzukommen auch nur einer geringen Anzahl der kalksteten A. atrata Ursache der Decimirung der A. moschata sein würde.

Denken wir uns hingegen auf demselben Areal eine halbe Million der kalksteten A. atrata und eine halbe Million der schieferfteten A. moschata gleichmäßig vertheilt, so liegen jetzt beide im Kampf, weil die Kalksteten auf dem Schiefer schwächeren Widerstand gegen die Nachtfröste im Sommer leisten werden. Von Zeit zu Zeit wird ein Frost zur Blüthezeit die A. moschata weniger decimiren wie die A. atrata. Die erstere nimmt zu, die andere ab, bis A. moschata das Gebiet allein beherrscht.

Hier ist es also ein äußerer Einfluß, welcher auf die eine Pflanze nur unter bestimmten Umständen, unter welchen sie leichter afficirt wird, störend wirkt, während er sonst gleichgültig wäre.

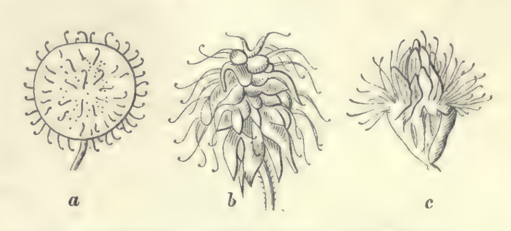


Fig. 18. *a* Triumfetta, Tiliaceen, Frucht. *b* Fruchtkopf von Geum urbanum. *c* Fruchtkopf von Agrimonia, Rosaceen. (Nach Hildebrandt.)

Aehnliche Ausschließungen nahe verwandter Arten kommen vor zwischen Rhododendron hirsutum und Rh. ferrugineum, Saussurea alpina und S. discolor, zwischen Gentianen, Erigeron, Veronica, Hieracien, Salices. Adaptive Eigenschaften, sowie Variationen durch innere Ursachen sind erblich, werden accumulirt und constante Attribute der Form (Art).

c) Charakter und Gewohnheit.

A. Gewohnheiten in der Lebensweise, wie:

1° Geotropismus oder die Neigung gewisse (vielleicht alle) Organe gesetzmäßig zur Richtung der Schwerkraft zu orientiren;

2° Heliotropismus, die Neigung gegen oder mit dem Lichtstrahl zu fliehen;

3° spontane Reizbewegungen der Blätter in Folge der Lichtwirkungen der Wärme, des Druckes (Berührung);

4° die Neigung mit gewissen Organen, z. B. den Blättern, periodisch-rhythmische Bewegungen auszuführen;

5° Nutation, die Neigung überhängender Zweige, einen Kreis um die Stütze zu beschreiben;

6° schlingen und ranken, die Neigung die Stütze zu umwinden, z. B. bei Humulus, Cuscuta, Convolvulus, Bryonia, Vitis, Smilax u. v. a.;

7° der auffällige offensive Kampf der Parasiten gegenüber der Nähr-Pflanze —

---

[1]) Nägeli, Sitz.-Ber. d. Münchener K. Ak. d. W.

alle diese Gewohnheiten, sowie die früher aufgezählten Adaptionen, sind Gegenstand der Accumulation, der Vererbung der Züchtung, alle spielen in dem Kampf eine Rolle. Bis in die feinsten anatomischen Einzelheiten muß die Züchtung wirken, es handelt sich um ein Ebben und Fluthen der in der Keimzelle niedergelegten Substrate für alle diese Charakter bestimmenden Functionen der äußeren Form, von welchen ein objectives Bild der causalen Beziehungen vollständig unmöglich ist.

Wir sind selbst bis jetzt nicht in der Lage die Nützlichkeit oder Schädlichkeit der neuen eben auftretenden Eigenschaft im Kampf um's Dasein objectiv zu ermessen, mit Ausnahme der groben Waffen, welche oben aufgezählt wurden. Für die Bedeutung vieler histologischer Eigenthümlichkeiten fehlt uns zur Zeit jedes Verständniß.

Hieraus ergiebt sich die Schwierigkeit der Feststellung der Art von selbst. Der Artenbegriff aber läßt sich so aussprechen: Zu einer Art sollen alle Individuen gehören, welche unter sich die **grösste** Blutsverwandtschaft zeigen, und äußerlich im Charakter, Gewohnheit, Habitus und Einzelheit der Form möglichst übereinstimmen.

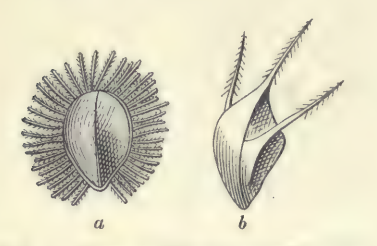


Fig. 19. *a* Same von Villarsia nymphæoides, Gentianeen. *b* Theilfrucht von Pavonia spinifex, Malvaceen (nach Hildebrandt).

Die Keimbläschen aller Individuen einer Art, sowie die Vegetationspunkte (bei der Mischung durch Pfropfen, Oculiren) sind die Kreuzungspunkte, in welchen alle Eigenschaften zusammenfließen. Die sexuelle Mischung aber kommt hier vorzugsweise in Betracht.

Von diesen Kreuzungspunkten kann daher allein, nach dem früher Gesagten, die Art hergeleitet werden.

Nun ist nach dem früher besprochenen Eingriff des Züchters in die natürliche Formenreihe klar, daß es ganz im Ermessen desselben steht, seine neuen divergenten Varietäten Arten zu nennen, wenn sie hinlängliche Abweichung und Constanz im Charakter besitzen.

d) Inwieweit läßt sich die Gestalt der Pflanze als eine Anpassung auffassen?

Allgemeine Morphologie, Histologie, Pflanzenanatomie.

Die Lehre von der Gestalt hat von jeher große Verstandeskräfte zum Nachdenken gereizt, war doch das Bestreben der beschreibenden Botanik vor der entwicklungsgeschichtlichen Periode einzig darauf gerichtet, fertige Gestalten zu beschreiben, gleiche zu sammeln — ungleiche zu scheiden. Es kam dabei freilich zu keinem andern Resultat, als zu einer Benennung der äußeren Formauszweigungen. Das regelmäßige Vorkommen derselben Gestalt war den Forschern das Willkommene, das Variiren die Monstrosität, die Abweichung war das Lästige, Unerklärliche, — Constanz der Form das Axiom der Wissenschaft.

Nach der ausnahmslosen Wahrnehmung, daß alle Pflanzen in Einzel-

hohlräume zerklüftet find, daß die Wand diefer Hohlräume chemifch different ift von dem flüffigen Leib, fuchte man die Form auf das Zellenleben zurückzuführen. In diefer Phafe fteht die Wiffenfchaft jetzt.

Der Unterfuchung war und ift eine Grenze gefetzt, wenn das zu unterfuchende Organ auf eine einzige Zelle zurückgeführt war. Diefe Keimzelle ift der Herd aller Bildung, ihr flüffiger Leib, das Protoplasma, fchafft fich eine fefte Hülle mit fchwankenden oder conftanten erblichen Eigenfchaften.

Die Unterfuchung der niederen Pflanzen zeigt uns in der That in der Lebensweife der hüllenlofen Protoplasmen fchon fo viel complicirte Vorgänge der Gewohnheit, daß die Form, Geftalt der feften Hülle und ihrer Auszweigungen als adaptive Erfcheinungen angefehen werden müffen, zu welchen der Bildungstrieb des flüffigen Lebewefens durch äußere Schwierigkeiten hingeführt wird.

Die Aufgabe der vergleichenden Morphologie kann befchränkt werden auf die Unterfuchung diefer feften Hülle und ihrer Zellenelemente.

[Bei einer derartigen Unterfuchung wurde von hervorragender Bedeutung in der Zoologie das Auffuchen der Rudimente.]

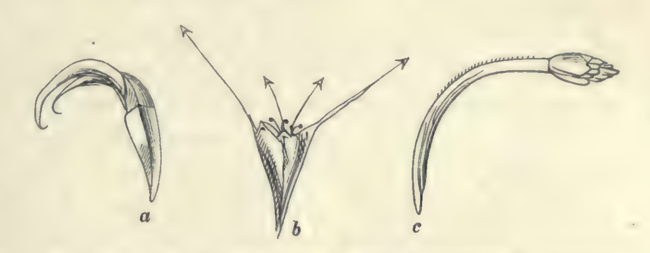


FIG. 20. *a* Frucht von Tragoceros. *b* Acæna procumbeus. *c* Cornucopiae cuculatum, Gramineen (nach HILDEBRANDT).

Sowie wir in der gefchlechtlichen Keimzelle den Ort der Anhäufung der Keime zu allen Formfchwankungen finden in Bezug auf eine Reihe von Generationen, fo fehen wir im Protoplasma den Ort der Anhäufung aller Keime für die Form der äußeren Hülle der Zellhaut aller Arten. Der Plasmaleib muß noch folche Formen der Afcendenten als Rudimente hervorbringen, welche foeben im Begriff ftehen zu verfchwinden.

Unter Fehlfchlagen verfteht man gewöhnlich die Nichtausbildung von Formfproffen, welche der mikrofkopifchen Anlage nach noch vorhanden waren, fpäter aber in derfelben Generation eingehen, verkümmern.

Fehlfchlagen aber ift auch das Verfchwinden folcher Formfproffungen im Laufe mehrerer Generationen felbft im Vegetationspunkt, fo daß die Anlage gar nicht mehr zum fichtbaren Ausdruck kommt.

Diefe Vorftellung fchließt die Möglichkeit des Wiedererfcheinens in fpäteren Generationen durch Rückfchlag ein. Unterfuchen wir mit Rückficht aller anatomifchen und morphologifchen Verhältniffe das Pflanzenreich von der niedrigften zur höchften Entwicklung, fo erhalten wir die folgende Reihe von Differenzirungen:

Die Tendenz, einem flüffigen Organismus eine fefte Hülle (Zellhaut) zu bilden, müffen wir bei der Betrachtung der Erhebung der Form als die nächftgelegene adaptive Eigenfchaft anfehen, denn wir vermögen uns hochentwickelte Formen ohne fefte Hülle nicht vorzuftellen.

Hohe Gliederung der äußeren Form in Haftorgane (Wurzel), Stengel

und blattartige Gebilde sehen wir schon in der kernlosen Cytode der Caulerpa, ohne eine Fächerung durch mehrere Zellhautplatten. Ein einziger Hohlraum umschließt das ganze System dieser Pflanze.

Die Festigkeit der Zelle wird bei der Caulerpa durch Zellstoffbalken erreicht (s. Buch I S. 76), welche sich von einer Seite zur andern durch den Hohlraum ziehen.

Zweierlei Ursachen können gleichwirkend bei der Gliederung in viele Zellräume gedacht werden:

1⁰ die Nothwendigkeit das System fester zu machen;

2⁰ die Nothwendigkeit den Austausch zwischen einzelnen Arten zu verlangsamen (die chemische, osmotische, elektrische, morphologische Spannung).

In der That geht die Formentwicklung mit der Differenzirung in Einzelzellen parallel.

Bei der hochentwickelten Blüthenpflanze müssen offenbar viele differente Zellen (solche, die unter sich ungleiche physiologische Bedeutung haben), zusammenwirken, um ein Keimbläschen zu bilden, welches wiederum durch seine Zerklüftung ein so reichgestaltetes Gebilde hervorbringt, wie eine Blüthenpflanze ist.

Zur Potenzirung und Anhäufung einer so hoch entwickelten Masse, wie das Keimbläschen der Blüthenpflanzen darstellt, müßte ein höher gegliederter Zellenapparat in Anwendung kommen als zu demselben Proceß bei der Alge, wo die vegetative Zelle selbst am wenigsten differenzirt alle Keime enthält. Die einfachste Gliederung findet sich bei den niederen Pilzen, von diesen zu den Characeen, Moosen, Farrenkräutern, Equiseten, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen, Coniferen, Phanerogamen, nimmt die physiologische Differenz der Einzelzelle zu, die morphologische Würde nimmt ab, d. h. je mehr man in dieser Reihe sich den Pilzen nähert, um so mehr kommt die Fähigkeit, alle morphologischen Keime in sich zu vereinen, der Einzelzelle zu, je mehr man sich den Phanerogamen nähert, um so mehr werden die morphotischen Keime an viele Einzelzellen vertheilt, so daß je eine mit einer bestimmten beschränkten oder einfacheren Function betraut ist.

e) Auffallende Uebertragung dieser Art und Anpassungen an äußere Verhältnisse sind:

1⁰ die großen intercellularen Räume der Wasserpflanzen. Zellen gleicher Abkunft lösen sich gegenseitig los und schließen einen luftführenden Raum ein, andere nicht;

2⁰ Rasenbildung der arctischen und alpinen Formen: Saxifrageen, Alsineen, Gentianeen, Salices. Zweige gleicher Abkunft bleiben verkürzt, andere nicht;

3⁰ Stacheln, Haare, Flug- und Haftapparate der Samen und Früchte

(s. oben S. 24); Compositen, Abietineen, Borragineen, Gräser, Salices, Betulineen, Fraxinus, Acerineen. Zellen gleicher Abkunft bilden Haare, andere nicht;

4° Honigsecretion der von Bienen besuchten und befruchteten Pflanzen, Papilionaceen, Liliaceen;

5° die Geranien besitzen einen complicirten Apparat für das Eindringen der Samen in den Boden.

Wenn ein Organismus eine vorhandene Eigenschaft durch veränderte Lebensweise nicht mehr gebraucht, so sinkt diese im Lauf der Generationen zurück. Ebenso steigert sich eine neue Eigenschaft durch den Gebrauch.

Bei den Pflanzen späterer Abkunft sind die Organe schon seit ungeheuren Zeiträumen angepaßt. Die Aufgabe war, wie sich dieß aus der Anatomie und Physiologie ergibt, eine einfachere bei der Pflanze wie beim Thier.

Wennschon Eingriffe nützlicher Art von der Thierwelt nach der Pflanze hin form- und charakterbedingend wirken und wirkten, so sind doch die Elementarorgane, die Einzelzellen der Pflanzen so außerordentlich auffällig den freilich einfacheren Existenzbedingungen (Licht, Luft, Wasser, Erde) angepaßt, daß die Rückwirkung der Thiere für den Gesammtvorgang der Evolution nur verschwindend klein sein kann und sich nur in seltenen Fällen auf die äußere Form der Organe erstrecken konnte.

Bei der Betrachtung des Gebrauches muß in erster Linie beachtet werden, daß für alle complicirteren Vorgänge, wie sie im Thierkörper vorkommen, der Pflanze jede Gelegenheit fehlte, etwas zu lernen und gewohnheitsmäßig zu entwickeln. Sie ersetzt das Fehlende in ihrer Gewohnheit durch Umbildung von Organen, welche bereits außerordentlich hoch in anderer Richtung adaptirt sind. So wird das Blatt, dessen Anpassung an Luft und Licht außerordentlich vollkommen ist, zur Ranke, der Stamm zur Waffe als Dorn u. s. f.

Luftführende Gänge im Innern des Gewebes, welche nach einem bestimmten Plane gegliedert das Gewebe durchziehen, müssen in ihrer Entstehung von dem Modus der Zelltheilung abhängig sein, sie sind auch für die Landpflanze von der äußersten Wichtigkeit, je mehr die Oberfläche zum ganzen Volum abnimmt.

Gesetzmäßig vertheilte intercellulare Räume mangeln allen Algen und Pilzen, Jungermannien, Laubmoosen, sie werden gewissermaßen ersetzt noch in so hohen Formen, wie Mastigobryum, dadurch, daß der Zweig oder das Blatt in die Haarform zurücksinkt. Hiedurch wird die Fläche zum Volum gesteigert. Bei hochgeschichteten Blättern, wie Polytrichum, sind es die Zellenketten der Blatt-Oberseite, welche dasselbe bewirken.

Bei den gefchichteten Sphagnumblättern finken felbft die Zellen des dritten Grades in der phyfiologifchen Bedeutung zurück. Ein Theil wird zum Affimilator, der andere Theil wird zum Luftraum.

Zu den allermerkwürdigften Adaptionen der hochgefchichteten Pflanze ftellt fich mit dem Wachfen des Volums gegenüber der Fläche ein Apparat ein, durch deffen Bewegung das Abfperren eines Gasvolums in dem Innern der Räume möglich wird: der Spaltöffnungs-Apparat der Epidermis.

f) Adaption an Waffer und Land.

1⁰ Wafferpflanzen, Nymphæaceen, Polygoneen u. a. m. entbehren der Haare, fie haben weniger Verwendung dafür wie die Landpflanze. Bei den Nymphæaceen werden Sternhaare in den Randzellen der Intercellularräume gebildet;

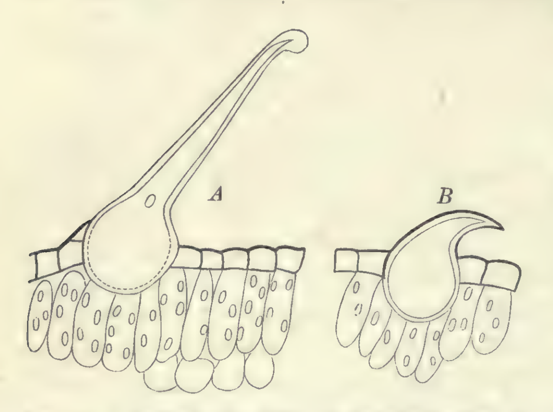


Fig. 21. *A* Brennhaar der Neffel. *B* Hakenförmiges Haar des Hopfen. Beide zeigen die drüfenartige Anfchwellung an der Bafis. *A* ift eine Defenfivwaffe, *B* ift ein Kletterhaken, Offenfivwaffe.

2⁰ die fchwimmenden Blätter derfelben Pflanzen bilden Stomata nur an der Oberfeite, die Laubbäume und viele Pflanzen des feften Landes zeigen fie gerade an der Unterfeite;

3⁰ das Laubblatt der Landpflanze ift an die einfeitige Beftrahlung angepaßt, die chlorophyllführenden Zellen liegen der Oberfeite näher wie der Unterfeite;

4⁰ die ganze anatomifche Structur ift bei dem Laubblatte afymmetrifch, bezogen auf Licht- und Schattenfeite.

Zu den erften und merkwürdigften Adaptionen gehört in der obigen Reihe (Algen, Moofe, Farren u. f. f.) diejenige, welche die Pflanze befähigt, im Waffer zu fluthen oder zu fchweben. Einzellige Algen und auch die meiften hochgegliederten Fucaceen umfchließen in dem Raume ihres Körpers nur Flüffiges und Feftes. Zellhaut und Protoplasma müffen daher fpecififch fchwerer fein wie Waffer.

Wenn eine folche Alge im Waffer fchwebt, fo muß felbftredend der flüffige Leib weniger dicht wie das Waffer fein. Bei den im Süßwaffer lebenden Conferven ift diefer Unterfchied fo gering, daß die in der Morgenkühle noch fchwebenden Fadenalgen fchon gegen Mittag finken müffen, durch die Erwärmung des Waffers. Viele einzellige Algen find auf den Schlammgrund der Gewäffer aus diefem Grunde angewiefen.

Wenn fich die Confervenwälder der Süßwafferfümpfe des Tages überheben, fo gefchieht dieß durch die Anfammlung von Gasblafen zwifchen dem Fadengeflecht.

Das Meer ift fchon wegen der größeren Dichte die Brutftätte derjenigen Schwimmgewächfe, welche verhindert find in ihrer anatomifchen Gliederung ftrengerbliche Schwimmapparate zu bilden. Fucus vesiculosus zeigt in der Bildung der luftführenden fphärifchen Hohlräume hier die merkwürdigfte Anpaffung.

g) Gebrauch und Nichtgebrauch.

1⁰ die Parafiten, Orobancheen, Orchideen, Epipogium, Corallorhiza, Cuscuteen verlieren durch den Nichtgebrauch das Chlorophyll der Blätter und Stammtheile;

2⁰ diefelben verlieren das Laubblatt oder bilden es nur rudimentär aus als niederblattartige bleiche Schuppen. Lathræa, Orobanche;

3⁰ die Cacteen entbehren der Blätter, erfetzen fie durch Stacheln und Haare als Defenfivwaffen;

4⁰ die Abietineen, Juniperineen zeigen die Blattfläche auf ein kleinftes Maß zufammengezogen;

5⁰ diefelben und immergrüne Laubbäume bilden langlebige Blätter. Die erfteren werden zu Pionieren an der arctifchen und hochalpinen Zone und fchützen fich durch ihre Textur gegen die Dürre und den Froft.

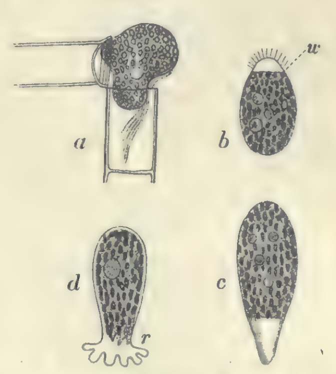


FIG. 22. *a* Schwärmfpore, foeben aus den Gliederzellen der geknickten Fäden entfchlüpfend. *b* Schwärmfpore frei in Bewegung (360/1). *d c* diefelben ruhend und keimend. PRINGSHEIM im Jahrbuch für wiffenfch. Bot. Bd. I. Morphologie der Oedogonien.

Der Hopfen bildet noch Haare, welche geftaltlich wie die Brennhaare der Neffel, aber in der Drüfe des Giftes entbehren, Fig. 21.

Die niederften Pflanzen felbft zeigen, was den Gebrauch angeht, eine Tendenz, möglichft vortheilhaft jeden mechanifchen Aufwand auszunutzen. Die Schwärmzelle (Zoofpore) der Oedogonien, Fig. 22, bildet an demfelben Orte, wo während der Zeit ihres Schwärmens der Wimperkranz faß, der fie waffertüchtig machte, Fig. 22 *b* bei *w*, fpäter die Wurzelausftülpungen, welche fie zur Befiedelung der feften Ufer befähigen, Fig. 22 *d* bei *r*.

h) Compenfation in der Entwicklung.

Wenn ein Organ reichlich üppig entwickelt ift, fo ift in der Regel an einem andern gefpart (Milchkuh, fchlechte Maftkuh).

Saftige Früchte find häufig ohne Samen (Corinthen, Pfeffer, Obftarten).

Gefüllte Rofen mit fehlfchlagenden Gefchlechtsapparaten.

Die Wechfelbeziehung der Bildung ift das Gefetz, nach welchem,

wenn ein Theil der Form während ihrer Entwicklung geändert wird, dann auch alle Theile in Folge diefer Aenderung eine Abweichung erfahren.

Z. B. die Hochblattregion ift mächtig entwickelt, die Blüthenhülle dagegen reducirt bei den Gramineen, Urticaceen, Amentaceen u. v. a. Jeder Aufwand bei den nordifchen Bäumen in der Holzbildung muß durch fpärliche Blüthenentwicklung gedeckt werden.

i) Zufammenftellung der wichtigften Anpaffungen und Umwandlungen von der niederen nach der höheren Pflanze.

Bei einer folchen Ueberficht, bei welcher man zunächft zu fragen hat, welche Organe oder Einrichtungen oder welche Gewohnheiten find für die Exiftenz der Pflanze abfolut nothwendig, läßt fich erweifen, daß ein allmählicher Uebergang ftattgefunden haben muß.

I. Herftellung einer feften Hülle.

a) Einzellige wenig verzweigte Cylinderfäden: Vaucheria;

b) Einzellige verzweigte Cylinderfäden: Caulerpa.

II. Herftellung von Widerftänden in der feften Form; zahlreiche Zellenräume entftehen.

a) Uebertragung der morphotifchen Keime an einzelne beftimmte Zellen;

b) Uebertragung der Gefchlechter an beftimmte Zellen;

c) Uebertragung der Elafticität, Spannung und Feftigkeit an beftimmte Gewebearten.

III. Einrichtungen, die innere Oberfläche im gegebenen Volum zu vergrößern.

a) Lückenbildung im Mycelium der Pilze;

b) Schwimmblafe bei Fucus vesiculosus;

c) Intercellularräume im gefchichteten Lager der Marchantieen, Spaltöffnungen hie und da bei den Moofen;

d) Ausbildung der Lufträume bei den Wafferpflanzen;

e) » » » und Spaltöffnungen im Blatt der höheren Cryptogamen und Phanerogamen.

IV. Herftellung von Waffen durch Umbildung der Hauptorgane.

a) Umbildung von Stammfproffen in Wurzeln, beginnt mit den Gefäßcryptogamen;

b) Umbildung von Wurzeln in Saugwurzeln (Hauftorien), beginnt erft mit den Phanerogamen;

c) Umbildung der Blätter und Blatttheile in Ranken und Dornen, beginnt erft mit den Phanerogamen;

d) Umbildung von Stammtheilen in Ranken, Dornen und Schwimmblasen, beginnt erst mit den Phanerogamen;

e) Umbildung der einfachen Haargebilde (Trichome) in Stacheln, Drüsen, Giftdrüsen, beginnt erst mit den Phanerogamen;

f) Periodische Bewegung der Blätter durch besondere anatomische Apparate, bewirkt Gelenkpolster; Rotation der Stämme, Schlingen und Ranken der Stämme tritt am ausgeprägtesten erst mit den Phanerogamen auf.

V. Bildungen in dem Bestreben aufzufallen, Anpassungen an den Insectenbesuch.

a) Reiche Gliederung, Farbenpracht, Geruch, Honigsecretion in dem Vorkreise im Blättercyclus, welcher der Bildung der Geschlechtsapparate vorausgeht, beginnen erst mit den Phanerogamen;

b) die Secretion beginnt mit den Farrenkräutern, ist am reichsten bei den Coniferen, geht mit durch die Phanerogamen.

VI. Neigung zur Propagation.

a) Ungeschlechtliche Vermehrung.

1⁰ Verjüngung durch Abschnürung von Keimzellen: Pilze, Algen, Flechten;

2⁰ adventive Verjüngung durch das Blatt oder die Dauerzellen der Wedel: Moose, Farrenkräuter;

3⁰ Verjüngung durch fadenförmige Zellenketten: Protonema der Moose, Zweigvorkeime der Moose;

4⁰ Verjüngung durch Stammbrut, Stockausschlag, Brutknospen, herrscht erst vor mit den Phanerogamen.

b) Sexuelle Differenzirung.

1⁰ Sexuell differenzirte Zellen sind von naher Verwandtschaft bei den Algen, Pilzen;

2⁰ sexuell differente Zellen sind von entfernterer Verwandtschaft und Abkömmlinge von Trichomgebilden, oder Oberflächenzellen des Lagers bei den Moosen, in den Prothallien der Farrenkräuter;

3⁰ sexuell gespannte Zellen entspringen dem Blatte (Coniferen und Phanerogamen);

4⁰ sexuell gespannte Zellen sind im Zweig oder Blatt oder in einem aus beiden combinirten Apparat eingeschlossen bei den Coniferen und Phanerogamen.

Zweite Abtheilung: Die natürlichen Verwandtſchaftskreiſe und die Generation[1]).

Durch die epochemachende Publication DARWIN's iſt die Syſtematik der Pflanzen in eine eigenthümliche Lage gekommen. Sie ſollte lehren, weil ſie einen unermeßlichen Schatz von Thatſachen geſammelt hat, welcher jedenfalls herangezogen werden müßte, um die Annahmen der Entwicklungslehre zu ſtützen oder zu widerlegen. Davon iſt, ſoweit man dieß bis jetzt überſchauen kann, nicht die Rede. Man kann zeigen, daß in der Botanik die Zerſplitterung weiter um ſich gegriffen hat, wie in irgend einer anderen hier in Betracht zu ziehenden Disciplin. Der Syſtematiker verſteht häufig kaum noch den heutigen Entwicklungsgeſchichtler und umgekehrt. Dieß iſt nur zum Theil in dem Umfang des Gebietes begründet, zum anderen Theil aber in der Schuld der Vertreter beider Disciplinen oder Richtungen. Die Forſcher, welche die Entwicklung der Hauptverwandtſchaftskreiſe aufdeckten, haben lange vor DARWIN's und HÆCKEL's jetzt maßgebenden Publicationen dem Beſtreben Genüge geleiſtet, die natürliche Blutsverwandtſchaft für die größeren Gruppen darzuthun, indem ſie die Entwicklungsgeſchichte der Hauptformen ſtudirten.

Wir betrachten hier zunächſt die äußere Gliederung, Entwicklungsfolge der ſichtbaren Organe und die Dauer derſelben; ſodann die feineren Züge der inneren Gliederung und Generationen. Hierbei ſagen wir nicht, die Familie *A* iſt mit *B* näher verwandt wie mit *C*, nach Argumenten der jungen Deſcendenzlehre, ſondern betrachten das natürliche Syſtem in den groben Zügen nach JUSSIEU oder DE CANDOLLE, ENDLICHER u. a. m. und nehmen zunächſt die allgemein anerkannten Züge der Eintheilung heraus.

§ 3. Allgemeine Geſetze der Organfolge und der Dauer ihrer Entwicklung.

Das erſte allgemeine Geſetz, welches aus der Betrachtung der Continuität organiſcher Bildung fließt, ſagt aus:

[1]) Dr. ALEFELD, Ein häufig unbeachtetes Axiom der «Art». 69. Bot. Ztg. 62. — H. HOFFMANN, Ein Verſuch zur Beſtimmung des Werthes von Species und Varietät. 1. Bot. Ztg. 62.

XIV. Von den niedern Algen nach den höhern Phanerogamen ift die Umtriebszeit einer Generation in fteter Zunahme begriffen. Je höher die Form um fo länger die Zeit, welche zu ihrer Vollendung gebraucht wird.

Man kann fich ein Bild der Evolution machen, indem man als Ordinate die Höhe der Entwicklung aufträgt und als Abfciffe die Zeit fetzt.

In einem folchen Schema kann freilich nicht die Ordinate in Pfunden, Volumen, Länge, Breite u. f. f. ausgewerthet werden, immerhin hat fie einen Werth für unfere Betrachtung, infofern die allgemeinen Züge der Erhebung der Race zum Ausdruck kommen, welche in der Zufammenftellung S. 36 namhaft gemacht wurden.

1. Dauer der Entwicklung von Eizelle zu Eizelle.

Von *a* nach *b* Fig. 23 in der Zeit liegt eine Generation der niederen Pflanzen, der Algen und Pilze. Das Zeitintervall kann ein Jahr fein oder es folgen felbft mehrere Generationen in einem Jahr aufeinander, ja in einer Sommerperiode können mehrere Generationen entwickelt werden. *b* nach *c* einjährige oder mehrjährige, höhere Pflanzen. *c* nach *d*, *e* nach *f* u. f. f. höhere Phanerogamen. Der Punkt *k* bezeichnet den Kreuzungspunkt der männlichen und weiblichen Befruchtungsmaffen. Er liegt im Allgemeinen um fo weiter zurück, je höher die Pflanze organifirt ift, unfere Waldbäume z. B. erreichen die Mannbarkeit erft nach mehreren Jahrzehnten. Diefes Schema kann auch für die Evolution des Stammbaumes angewandt werden. Dann ift es aber hypothetifch, infofern die Höhe der Organifation nicht für alle höheren Organismen ftreng von der Zeit abhängig ift.

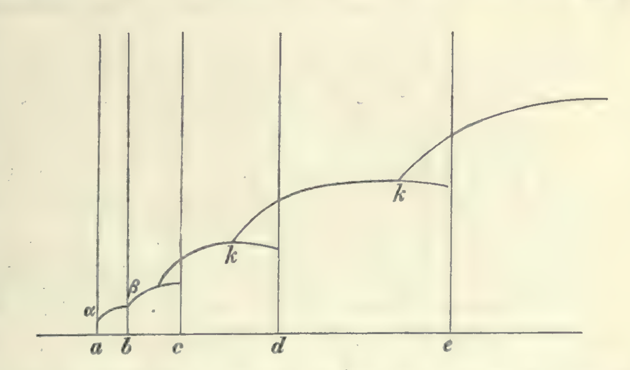
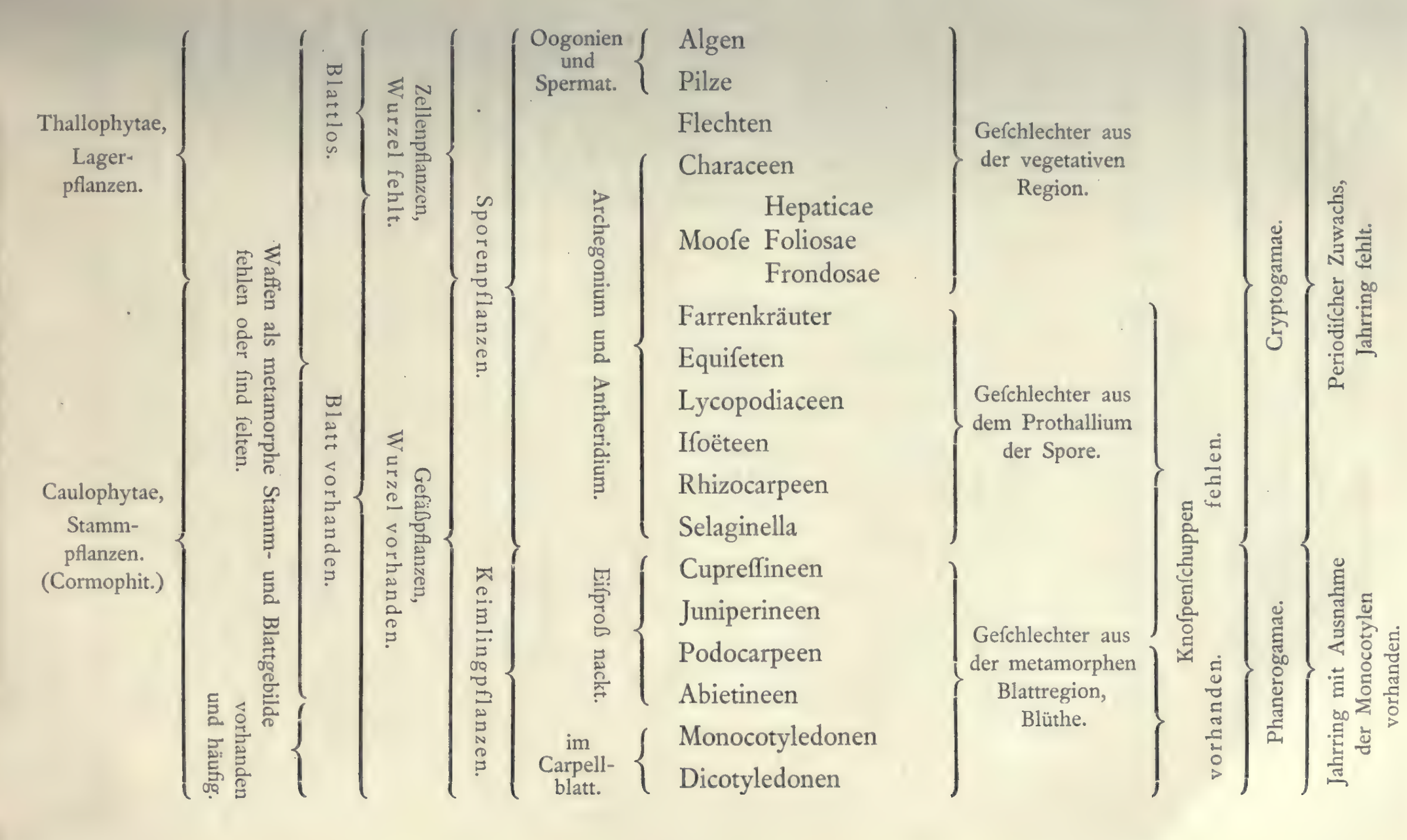


Fig. 23. Schema der Evolution *a b c d*. Abfciffenaxe die Zeit, die Ordinatenwerthe bedeuten die Erhebung.

2. Benennung der Organe in ihrer Entwicklung.

In diefer Tabelle find die äußerlich fichtbaren Organe zufammengeftellt. Mit Hilfe diefer Zufammenftellung kann der Lefer fich zunächft einen Ueberblick über die groben Verhältniffe machen, ehe zu einer eingehenden Discuffion gefchritten wird.


Thallophytae, Lager-pflanzen.
Caulophytae, Stamm-pflanzen. (Cormophit.)
Waffen als metamorphe Stamm- und Blattgebilde
fehlen oder ſind ſelten.
vorhanden und häufig.
Blattlos.
Blatt vorhanden.
Zellenpflanzen, Wurzel fehlt.
Gefäßpflanzen, Wurzel vorhanden.
Sporenpflanzen.
Keimlingpflanzen.
Oogonien und Spermat.
Archegonium und Antheridium.
Eiſproß nackt.
im Carpell-blatt.
Algen
Pilze
Flechten
Characeen
Hepaticae
Mooſe Foliosae
Frondosae
Farrenkräuter
Equiſeten
Lycopodiaceen
Iſoëteen
Rhizocarpeen
Selaginella
Cupreſſineen
Juniperineen
Podocarpeen
Abietineen
Monocotyledonen
Dicotyledonen
Geſchlechter aus der vegetativen Region.
Geſchlechter aus dem Prothallium der Spore.
Geſchlechter aus der metamorphen Blattregion, Blüthe.
Knoſpenſchuppen
fehlen.
vorhanden.
Cryptogamae.
Phanerogamae.
Periodiſcher Zuwachs, Jahrring fehlt.
Jahrring mit Ausnahme der Monocotylen vorhanden.

§ 4. Generation und Entwicklung der hervorragenden Formen.

Wenn man beachtet, daß die niederste wie die höchste Pflanze im Stande ist, große oder kleine Keimkörper auf geschlechtlichem Wege abzugliedern, welche in ausgezeichneter Weise geeignet sind, die Individuenvermehrung zu besorgen, so kommt man zur Einsicht, daß die Bildung geschlechtlicher Apparate, welche den Zweck haben, durch einen complicirten Proceß ebensolche Keimapparate zu erzeugen, für uns unbegreiflich wäre ohne die Theorie der Pangenese. Wozu brauchte der Baum die Blüthe, wenn er im Stande ist, auf kürzerem Wege einen lebens- und kampffähigeren Zweig abzustoßen oder durch Wurzelbrut und Stockausschlag hinauszuschicken?

A. Vegetative und sexuelle Fortpflanzung.

In der That vermehren sich dominirende Familien: z. B. die Moose, viele Phanerogamen, so stark auf ungeschlechtlichem Wege, daß der im Kampf schwächere geschlechtliche Keim gar nicht in demselben Areal aufkommen könnte.

B. Formenstarre.

Nehmen wir an, alle Pflanzen haben zwei Neigungen:

1⁰ die Keime auf ungeschlechtlichem Wege abzuschnüren;

2⁰ ebensolche Keime auf geschlechtlichem Wege zu bilden;

und fragen, welches Streben mag im Kampf um's Dasein das nützlichere sein, so kann ohne die vorbesagte Hypothese gar nicht entschieden werden, welches das beste sein wird. Mit Zuhilfenahme der Theorie der Pangenese aber läßt sich zeigen, daß die erstere Neigung zur Formenstarre, die geschlechtliche Neigung aber zur Mannigfaltigkeit der Form führt. Bei der ersten spielt die spontane Anpassung eine größere Rolle, ohne zu einem festen Charakterzug zu werden. Die geschlechtliche Vermehrung aber führt zur raschen Verstärkung: Pflanzen, welche jetzt formbeständig sind und doch meist auf ungeschlechtlichem Wege sich vermehren, müssen früher häufig durch geschlechtliche Generationen vermehrt worden sein. Hierher gehören die höheren Cryptogamen: Equiseten, Farrenkräuter, Lycopodiaceen.

C. Formenaxe.

Das natürliche System (s. die beiden Schemata S. 40 und 46) lehrt uns nur die äußeren Organe und, sofern es auf entwicklungsgeschichtlichen Daten

ausgebaut ift, die inneren Umwandlungen. Mit Zuhilfenahme der früheren Sätze I—XV und der Entwicklung unferes Planeten kann man mit großer Gewißheit zu dem Schluffe kommen, daß diejenigen niederen Pflanzen, welche verbrennliche Kohlenftoffverbindungen an der Erdoberfläche zu häufen vermochten, die Stammältern der höheren Gewächfe find. Dieß find die Algen. Von faft allen niederen Algen ift die gefchlechtliche Vermehrung bereits bekannt.

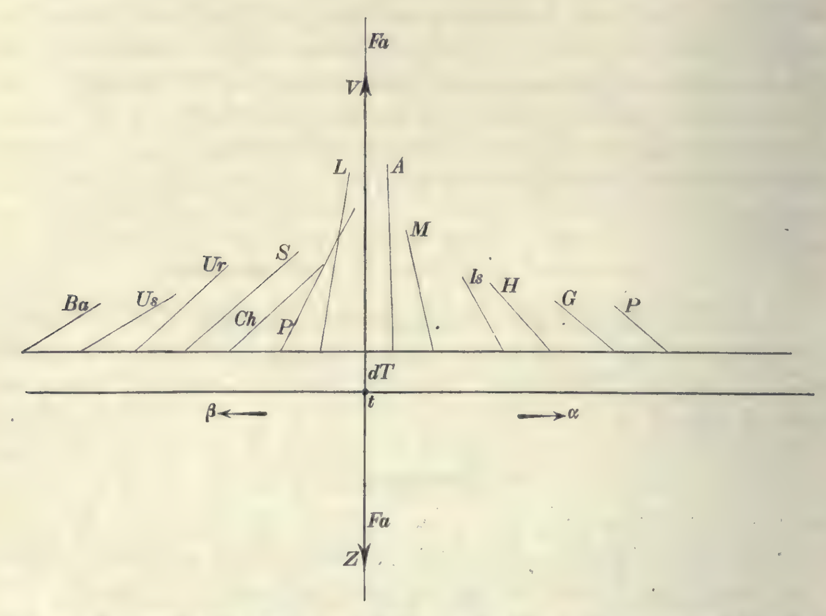


Fig. 24. In der Richtung t nach V liegt die Vergangenheit, von t nach Z die Zukunft, mit den Pfeilen läuft die Zeit, dT ein unendlich kleines Zeitintervall (etwa die hiftorifche Zeit). *Fa* möge die Formenaxe darftellen, in ihr oder ihrer Nähe fließen die Generationen der Pflanzenformen, welche fich im Zeitpunkt t oder in deffen Nähe am wenigften durch Variation verändern. Die Linien in der Nähe von *Fa* fchneiden die Formaxe in der Pfeilrichtung von V in einem Ort, welcher am entfernteften von t liegt. Je eine der in Richtung von Pfeil α entfernteren und mehr zur Formaxe geneigten Linien ftellt eine Gruppe der höheren Pflanzen dar: *A* Algen, *M* Mufcineen, *Is* Isosporae, *H* Heterosporae, *G* Gymnospermae, *P* Phanerogamen. In Richtung des Pfeiles β divergiren: *L* Lichenes, *P* Pilze, *Ch* Chytridien, *S* Saprolegnien, *Ur* Uredineen, *Us* Uftilagineen, *Ba* Basidiomycetes.

Als Formenaxe möge ein niederer Algenftamm, wie wir ihn jetzt kennen, gelten, oder es möge ein Büfchel folcher Stämme oder Aefte in die Vergangenheit convergirend an die Stelle der Formaxe gefetzt fein. Diefe müffen fo befchaffen fein, daß fie um gegebene bekannte Form und Charakterzüge möglichft wenig fchwanken, immer aber wieder in die Hauptrichtung zurückfchlagen. Die dauernde Exiftenz folcher niederen Formen ift deßwegen eine fchwierige Annahme, weil in ihnen die höchfte morphotifche und phyfiologifche Potenzirung vorausgefetzt werden muß, eben weil fie Stammältern fein follen zu noch complicirteren Gebilden. Nun ift aber leicht einzufehen, daß, wenn aus unferer Formaxe alle übrigen

Zweige entſtunden mit höheren adaptiven und im Kampfe nützlicheren Tendenzen, gar kein Grund vorhanden iſt, warum die Stammaxe nicht ſelbſt im Laufe der Zeit zu einem Deſcendenzzweige werden ſoll. Wir ſind damit zu dem Schluſſe gelangt, daß die Stammaxe rückwärts in die Zeit verlängert ſelbſt eine convergirende Richtung iſt zu einer anderen, welche wir nicht kennen. Zwei Hauptzüge der Variation ſind die der ſelbſtändigen Entfaltung und des Paraſitismus. Dieſe beiden Neigungen mögen dadurch in dem Stammbaum angedeutet ſein, daß ſich der Pilzſtamm nach links, der Algenſtamm nach rechts von der Formaxe ausdehnt. Es bedeuten dann die Schnittpunkte der Strahlen mit der horizontalen Axe die jetzt möglichen Keimpunkte und die Richtung von α und β die Neigung niederer Formen zu variiren und die Variation zu befeſtigen. Mit Verlängerung der Axe und der Deſcendenten aus den Strahlen könnte die Variation von den jetzigen in Zukunft grundverſchiedene Formenkreiſe ſchaffen, ein Proceß, bei welchem unſere Phantaſie freilich ſchon in den erſten Schritten uns im Stiche läßt.

D. Generationsfolge in der Zeit. Der Stammbaum.

Es wurde oben darauf hingewieſen (S. 24), daß der Züchter den Stammbaum ſeiner divergenten Racen in Händen beſitzt. Er kennt die Reinheit der Racen und den mechaniſchen Vorgang der Miſchung, d. h. er weiß wieviel vom Blute der Mutter $A\ B$, des Vaters $A'\ B'$ in den divergenten Formen enthalten iſt. Der Naturforſcher beſitzt in Bezug auf die Formen, welche er als Arten anſpricht, dieſe experimentellen Kenntniſſe nicht. Er ſchließt aus ähnlicher Form und ähnlicher Entwicklung (Ontogeneſis) auf die Verwandtſchaft und gelangt zu der Vermuthung, daß zwei Formen (Arten, beziehungsweiſe Genera, Familien u. ſ. f.) zwei Aeſte darſtellen, welche in die Vergangenheit convergiren, beziehentlich Ketten von Generationen, welche früher in einer einzigen Generation vereinigt waren. Die Phylogeneſis des ganzen Pflanzenreiches iſt, wenn man abſieht von wenigen in der That, aber in ausgezeichneter Weiſe unterſuchten Formgruppen (niedere und höhere Algen, Pilze höherer Cryptogamen) noch wenig gefördert. Dieß gilt namentlich für die Blüthenpflanzen, in welchen doch bis jetzt die Evolution des Pflanzenreiches gipfelt.

E. Allgemeine Argumente, welche für die Annahme der Descendenzlehre sprechen.

Unſere Kenntniß über die Deſcendenz geht in dem Schema gerade nur ſo weit, daß wir die Convergenz der Stämme wahrnehmen können. Dieß iſt im Schema, Fig. 24, durch eine der horizontalen Axe parallele Linie angedeutet, welche in ungemein kleiner Entfernung von der Jetztzeit $d\ t$ gelegt wird.

Bezüglich der Divergenz im Charakter zwiſchen Phanerogamen und Gefäßcryptogamen, Phanerogamen und Mooſen, Charen und Mooſen, finden wir die genetiſch wichtigſten Organe nicht durch Rudimente vermittelt, mit Ausnahme weniger, welche jetzt zu betrachten ſind. Die Hauptargumente, welche für die Deſcendenz aus dem Algenſtamm aus der Biologie hergeleitet werden können, ſind:

1⁰ Fällt ein paraſiter Pilz eine Alge an, ſo adaptiren ſich beide, wodurch die geringere phyſiologiſche Differenz beider Stämme bekundet wird, es entſtehen ſelbſtändige und in gewiſſem Sinne normale Gewächſe, die Flechten (Symbiotismus);

2⁰ fällt ein ſolcher Paraſit eine höhere Pflanze an, ſo entſteht eine Krankheit. Krankheit erregend wird der paraſitirende Pilz um ſo mehr, je höher die befallene Pflanze in der Richtung nach den Phanerogamen im natürlichen Syſtem belegen iſt;

3⁰ die beiden divergenteſten Aeſte, Pilze mit hoher paraſiter Adaption einerſeits — Phanerogamen mit hoher Anpaſſung zur Selbſtändigkeit andererſeits, ſind die formenreichen. Beide zeigen die höchſten Stufen der Anpaſſung an die Umgebung. Die zwiſchenliegenden Charen, Mooſe, Gefäßcryptogamen ſind verhältnißmäßig formenarm, formenſtarr, ſo namentlich die Equiſeten, Farren, Rhizocarpeen;

4⁰ die höchſte Pilzform beſitzt entwicklungsgeſchichtlich und morphologiſch durchaus keinen Anſchluß an die zur Rechten, Fig. 24, befindlichen Deſcendenten aus dem Algenſtamm. Die höheren Algenformen aber beſitzen einen morphotiſchen Anſchluß an die höheren Cryptogamen und Phanerogamen;

5⁰ der Modus der geſchlechtlichen Miſchung iſt für alle ſo gleichartig, die Formentfaltung im embryonalen Leben ſo ähnlich, daß an einer Blutsverwandtſchaft von den Formkundigen nicht gezweifelt wird.

F. Die Geschlechtszellen.

Die Bedeutung der Geſchlechtszellen kann nach der Theorie der Pangeneſe nur darin geſucht werden, daß Formkeime verſchiedener Herkunft zur Kreuzung gelangen.

Nach einer früheren Discuſſion werden dadurch die in den Individuen beiderlei Geſchlechtes gleichſinnigen Züge im äußern Ausdruck accumulirt.

Die Anzahl dieſer Kreuzungen allein iſt entſcheidend für die raſchere Befeſtigung der eben auftretenden Variation oder Adaption. Die Eizelle iſt der Schnürpunkt, der Kreuzungspunkt der Form, je öfter die letztere dieſen durchlaufen hat, um ſo formconſtanter wird ſie:

1⁰ ein Hauptzug der Eizelle iſt die Unfähigkeit, ohne Zuthun der männlichen Befruchtungszelle irgend welchen morphotiſchen Proceß

auszuführen; sie sinkt wie der männliche Befruchtungskörper zum bedeutungslosesten Secret hinab, während doch die Organe, welche sie hervorbringen, productiv sein können;

2⁰ je höher die Formentfaltung, um so mehr ist das Ei (Keimbläschen) der verharrende, passive Theil, welcher den agressiven Befruchtungskörper des Männchens erwartet und empfängt;

3⁰ je höher die Formentfaltung, um so mehr ist der Sexualzustand an eine Periode gebunden.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Eizelle und des männlichen Erregers kann die geschlechtliche Spannung genannt werden.

Diese Spannung (Differenz) bedingt noch nicht die Formdifferenz der Zelle.

Mit der Erhebung aber bildet sich eine Form- und Charakterdifferenz zwischen männlichen und weiblichen Keimträgern aus, welche sehr merklich, wenn auch nicht so auffällig wie bei den höheren Thieren diejenige zwischen Männchen und Weibchen ist.

Die Entwicklung der befruchteten Eizelle ist außerordentlich verschieden.

G. Benennung und Zusammenhang der Organe von den Algen bis zu den Phanerogamen.

Wir stellen uns hier die Aufgabe, eine Zusammenstellung der Organe und Zellinhalte zu liefern, welche zeigt, wie lange die benannten Organe mit einander verwachsen sind, wann die neue Generation sich von der Mutterpflanze löst, oder wann und von welchem sichtbaren Organ aus eine geschlechtliche Masse sich einerseits von dem Stock losreißt, um andererseits in das weibliche Organ einzudringen. Wir denken uns aber dabei, zur leichteren Uebersicht, die befruchteten Eizellen in einen Zeitpunkt gerückt und es möge von ihnen die Evolution der benannten Familien, resp. Arten verfolgt werden.

Jedesmal da, wo in dem Schema ein horizontalstehender Pfeil sich vorfindet, verläßt das männliche Geschlecht den Stamm. Da, wo ein verticaler Pfeil steht, verläßt das Ausfaatobject (Propagationsorgan) den Stock, um draußen den Cyclus von Neuem einzuleiten.

Bei der Betrachtung der herrschenden Verwandtschaftskreise, welche in dem Schema zusammengestellt sind, drängt sich vor Allem die Thatsache auf, daß alle Wasserbewohner, so namentlich die Algen und bei diesen die Fucaceen, den Modus ihrer Befruchtung einer Wasserbahn anpaßten, welche die beiden Geschlechter erzeugenden Orte verbindet. Ein ganz geringer Anschluß in der Form besteht zwischen den Charen und allen übrigen Familien.

Anpaſſung der Befruchtung an eine vom männlichen nach dem weiblichen Organ vorhandene Waſſerbahn.									Anpaſſung wie vorher an eine Bahn in der Luft.
				Gefäßcryptogamen.					Coniferen und Phanerogamen.
				Iſoſpore.			Heteroſpore.		
Die keimende Ooſpore oder ſchwärmende Zooſpore bringt die Fadenalge hervor; an ihr entſtehen: Oogonien und Antheridien, die Spermatozoiden werden frei →	Die im Meere wachſende Fucuspflanze bildet Behälter für Octoſporen und Antheridien, die Keimbläschen und Spermatozoiden werden in's Waſſer entlaſſen ↓		Die Spore keimt und bringt die vegetative Pflanze oder ein geſchlechtloſes Protonema hervor, aus Haargebilden der vegetativen Pflanze bilden ſich Antheridien und Archegon.	Die keimende Spore bringt ein Prothallium hervor, welches ſtreng eingeſchlechtig iſt. Archegonien aus Oberflächenzellen. Antheridien aus den letzten Auszweigungen des Prothallium → Spermatoz. frei.	Die keimende Spore bringt ein zweigeſchlechtiges Prothallium hervor. Antheridien und Archegonien aus Oberflächenzellen: Spermatozoiden werden frei →		Die Macroſpore bringt ein weibliches Prothallium hervor, Archegonium wie vorher, die Microſpore erzeugt die Spermatozoiden. → Macro- und Microprothallium		Der Same keimt zur beblätterten Pflanze. An den Auszweigungen der letzten Ordnung entſteht die Blüthe. Das Staubblatt entläßt den Pollen → Das Carpellblatt bildet adventive Eiſproſſe, in welchen die Eizelle des agreſſiven Pollenſchlauches harrt. Spermatozoiden werden nicht ausgebildet.
Oedogonium. Vaucheria.	Fucaceen.	Characeen.	Musci.	Equiſeten.	[Lycopodiaceen].	Farrenkräuter.	Rhizocarpeen.	Selaginella.	Coniferen, Mono- u. Dicotyledoneen.
↓ Die befruchtete Ooſpore keimt nach der Ruhe, die vegetative Pflanze geht ein.	Wächſt zur Tangpflanze unmittelbar nach der Befruchtung.	Die befruchtete Ooſpore ruht, die vegetative Pflanze geht ein. Die Spore keimt. Vorkeim. Hauptaxe mit Zweiglein des 1. 2. . . Grades, Archegonium, Antheridium, das Spermatozoid wird frei →	Seta, Sporenkapſel. Spore ↓	Evolution der beblätterten Pflanze ſofort nach der geſchlechtlichen Miſchung. Primäre Axe mit dem Prothallium eine Zeit lang verwachſen.				Nach der Befruchtung bildet ſich ein Vorkeim (bei Monocotylen) häufig rudimentär,	
				Spore aus Zweigſproſſen ↓	Spore endlich aus Axillarblattgebilden ↓	Spore aus der Oberhaut oder metamorphen Blattgebilden ↓		ſodann die beblätterte Pflanze an Zweiglein der 1. 2. 3. Ordnung Sporangien, Macro- und Microſporen ↓	ſodann die beblätterte und bewurzelte Keimpflanze, welche im Samen frei wird ↓

Zwei Wahrnehmungen drängen ſich dem Beobachter auf, wenn er den Charakter der Fucaceen mit den höheren Deſcendenten vergleicht:

1⁰ die größtmögliche Verſchiedenheit in der Form zwiſchen den einzelnen Aeſten:

Charen,
Mooſe,
Farren,
Equiſeten,
Rhizocarpeen,
Coniferen,
Phanerogamen.

Die größtmögliche Formenſtarre in den fünf bis ſechs erſten Familien, der Mangel jeglicher Uebergangsform zwiſchen Charen und Mooſen, Mooſen und Farren in der äußeren Tracht bei der größten Uniformität der ſexuellen Miſchung in den fünf erſten Familien.

In der That ſind kaum zwei dieſer Verwandtſchaftskreiſe der Phanerogamen ſo verſchieden in Form und Gewohnheit wie Equiſeten und Rhizocarpeen oder wie Farren und Equiſeten, während doch gerade die Sexualität der Gefäßcryptogamen ſo ſehr uniform iſt.

2⁰ wenn man zugeſteht, daß die ſo auffällige Anpaſſung an das Waſſer zu jener eigenthümlichen Ejaculation der Eizelle bei den Tangen führt, wodurch die Sexualität der Tange einen ſo ſcharf ausgeprägten Charakter erhält, ſo muß die Anpaſſung in der Sexualität von den Charen bis zu den Phanerogamen ſofort in die Augen ſpringen.

Alle die genannten höheren Deſcendenten ſind mehr oder weniger conſtante Bewohner des feſten Landes, wenige Familien ausgenommen, welche durchaus aus Schwimmpflanzen beſtehen. Das Streben der Landbewohner geht dahin, ihre Eizelle einzuhüllen, und ſie erreichen dieß z. T. durch Ausbildung von Oberflächenzellen, welche den Keimort, in welchem die Eizelle entſteht, umſchließen (Charen!), oder indem ſie Oberflächenzellen ſchon lange vor der Anlegung der Eizelle zu einem flaſchenförmigen Hohlkörper ausbilden (Archegoniaten), oder indem ſie den Keimort mit einem Blatte umhüllen, oder indem ſie denſelben in den Zweig einſenken (Phanerogamen).

Alle dieſe Neigungen tragen denſelben Charakter der Anpaſſung an den Einfluß der Atmoſphäre, gerade ſo wie die Anpaſſung der Fucaceen an das Waſſer ſie zum Ausſtoßen der jungfräulichen Eizellen veranlaßt.

Zum Verſtändniß der weiteren Formerhebung müſſen wir darauf aufmerkſam machen, daß ſich bei allen Keimbildungen eine Bedingung geltend macht, welche unſere Einſicht in hohem

Grade trübt und welche auch an ſich nicht weiter verſtanden werden kann, es iſt die Ruheperiode.

Sowie die Geſchlechtsreife eine gewiſſe Phaſe der Entwicklung vorausſetzt, ſo verlangt auch das Geſchlechtsproduct, der Keimling, eine gewiſſe Zeit, um keimfähig zu werden.

Es iſt ein merkwürdiger Zug der Keimzellen, der Spirogyren, Vaucherieen, Oedogonieen und Charen, aber auch der Oogonien bei den Peronoſporen, den Zygoſporen des Syzygites, daß ſie unmittelbar nach der Miſchung ſich einkapſeln in eine doppeltgeſchichtete Membran, während alle Keimzellen (Eizellen, Keimbläschen) der Mooſe, aller Gefäßcryptogamen und Phanerogamen unmittelbar nach der geſchlechtlichen Miſchung zur Anlegung derjenigen Gebilde ſchreiten, zu welchen ſie den Keim in ſich tragen.

Den Uebergang zwiſchen den einen und den andern vermitteln die Fucaceen.

Unmittelbar nach der Miſchung keimt das Fucusei zu einem Flächenkörper, welcher zur jungen Fucuspflanze heranwächſt.

---

§ 5. Der Algenstamm.

A. Vergleichende Entwicklungsgeschichte von Algen und Pilzen[1]).

Es läßt ſich zeigen, daß zwiſchen niederen Pilzen und niederen Algen mindeſtens gewiſſe Formzüge gemeinſchaftlich ſind, welche höheren Pilzen und Algen fehlen und andererſeits in den höheren Verwandtſchaftskreiſen

---

[1]) **Literatur: Algen, Diatomeen.**

Paul Tomaschek, Ueber das Entwicklungsgeſetz der Diatomaceen. 273. Bot. Ztg. 73. — L. Reinhard, Zur Morphologie und Syſtematik der Bacillariaceen. Bot. Ztg. 75. — Dr. Pfitzer, Ueber Bau und Zelltheilung der Diatomaceen (Hanstein's Abh. aus dem Gebiete der Morphol. Bd. 1). — Fr. Kützing, Ueber einige kieſelſchalige Diatomeen. 247. Bot. Ztg. 46. — J. E. Lüders, Beobachtungen über die Organiſation, Theilung und Copulation der Diatomeen. Bot. Ztg. 62. — Francesco Castracane, Die Diatomeen in der Kohlenperiode. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 1. 1863—1864. — J. H. L. Flögel, Ueber die Structur der Zellwand von Pleuroſigma. 320. Bot. Ztg. 70. — Dr. E. Pfitzer, Unterſ. über den Bau und die Entwickl. der Bacillariaceen. (Hanst. bot. Abh. 2. Heft. 1871.) — F. Schmitz, Die Bildung der Auxoſporen von Cocconema Ciſtula. Ehbg. 217. Bot. Ztg. 72. — Ralfs, *On the british Diatomaceae. Ann. and Mag. of Nat. History 1. ser. vol. XII.* 1843. S. 347. — Dr. G. Fresenius, Ueber Sphæroplea annulina. Bot. Ztg. 51. — Dr. Ferd. Cohn, Die Entwicklungsgeſch. der Gattung Volvox. Cohn, Beitr. Heft 3. Seite 93. Breslau 1875. J. U. Kern's Verlag. Ueber paraſitiſche Algen. Cohn, Beitr. Heft 2. Seite 87. Breslau 1872. J. U. Kern's Verlag. — J. Walz, Beitrag zur Morphologie und Syſtematik

nicht mehr vorkommen. Möge hier eine vergleichende Entwicklungsgeſchichte mit beſonderer Berückſichtigung der Generation folgen. Es iſt in Hinſicht der Form kaum möglich, eine Kette zu bilden, welche man als einen Aſt des theoretiſch geforderten Stammbaumes anſehen könnte.

---

der Gattung Vaucheria. Seite 127. Pr. Jahrb. Bd. V. — L. Jurányi, Beitrag zur Morphol. der Oedogonien. Pr. Jahrb. Bd. IX. S. 1. — M. Woronin, Beitrag zur Kenntniß der Vaucherien. Bot. Ztg. 69. 137. — Rosanoff, *Recherches anatomiques sur les Mélobésiées.* Cherbourg. 1866. — N. Pringsheim, Ueber die männlichen Pflanzen und die Schwärmſporen der Gattung Bryopſis. (A. d. Monatsber. d. Kgl. Akad. der Wiſſenſch. zu Berlin 1871.) — J. Reinke, Beiträge zur Kenntniß der Tange. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 317. — Dr. Hildebrandt, Ueber einen Chroolepus mit Zooſporenbildung. Bot. Ztg. Bd. XIX. — Dr. F. Cohn, Ueber den Brunnenfaden (Crenothrix polyspora) mit Bemerk. über die mikroſkop. Analyſe des Brunnenwaſſers. Cohn, Beitr. Heft 1. S. 108. Breslau 1870. J. U. Kern. — Millardet, *De la germination des Zygospores d. les genres Closterium et Staurastrum. Extr. du VI. vol. d. l. soc. d. sc. nat. de Strasbourg.* — Rob. Caspary, Vermehrungsweiſe des Pediastrum. Bot. Ztg. 50. - Prof. L. Cienkowsky, Ueber einige chlorophyllhaltige Glöocapſen. Bot. Ztg. 65. — W. Velten, Beob. über Paarung von Schwärmſporen. 383. Bot. Ztg. 71. — L. Cienkowski, Ueber Palmellenzuſtand bei Stigeoclonium. 17—70. Bot. Ztg. 76. — A. Braun, Verjüngung. Leipzig. Engelmann. 1851.

Allgemeine Literatur.

Prof. Cienkowsky, Algologiſche Studien. Bot. Ztg. 55. — A. de Bary, Bericht über die Fortſchritte der Algenkunde in den Jahren 1855—57. Bot. Ztg. 58. — N. Pringsheim, Beiträge zur Morphologie und Syſtematik der Algen. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. Bd. II. 1860. Nachtrag zur Kritik und Geſchichte der Unterſuchungen über das Algengeſchlecht. 1860. Pr. Jahrb. II. Seite 470. — C. Rabenhorst, Zwei neue Algen an todten Chignon-Haaren. 133. Bot. Ztg. 67. — Rosanoff, Phyſiologiſche und anatomiſche Unterſuchungen über die Meeresalgen. St. Petersburg 1867. — C. Cramer, Ueber Entſtehung und Paarung der Schwärmſporen von Ulothrix. 76. 89. Bot. Ztg. 71. — J. F. Rostafinski, Beobacht. über Paarung von Schwärmſporen. 785. Bot. Ztg. 71. — Dr. J. Walz, Beitrag zur Kenntniß der Zooſporenbildung bei den Algen. 497. — A. Millardet, *I. Des genres atichia, myriangium et nectrocymbe. II. Études sur la matière colorante des phycochromacées et des diatomées. III. De la germination des Zygospores dans les genres closterium et staurastrum et sur un nouveau genre d'algues chlorophorées.* Strasbourg. G. Silbermann. 1868. — Dr. E. Askenasy, Beiträge zur Kenntniß der Gattung Ectocarpus. Bot. Ztg. 1869. S. 785. — N. Pringsheim, Einige erläuternde Bemerk. zu den Folger. aus ſeinen Beobachtungen über Schwärmſporen-Paarung. 265. Bot. Ztg. 70. — Dr. Leopold Kny, Ueber d. Morphologie von Chondriopsis cœrulescens Cronau pp. A. d. Monatsber. d. Königl. Akad. d. Wiſſenſch. zu Berlin. 1870. — Carl Nägeli, Die neueren Algenſyſteme. Mit 10 Tafeln. 1847. — N. Pringsheim, Zur Kritik und Geſchichte der Unterſuchungen über d. Algengeſchlecht. 1857. Beiträge zur Morphol. der Meeres-Algen. Aus den Abhandlungen der Kgl. Akad. d. Wiſſenſch. zu Berlin. 1861. — C. Cramer, Prof., Ueber Entſtehung und Paarung der Schwärmſporen von Ulothrix. Zürich. Zürcher u. Furrer. 1870. — Arnold Dodel, Ulothrix zonata, ihre geſchlechtliche und ungeſchlechtliche Fortpflanzung, ein Beitrag zur Kenntniß der unteren Grenze des pflanzl. Sexuallebens. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 417. — A. Dodel-Port, Beiträge zur Kenntn. der Schwärmſporen von Ulothrix zonata. 177. Bot. Ztg. 76. — C. Cramer, Einige Bemerk.

Der geſchlechtliche Unterſchied iſt bei niederen Algen zum Theil ſchon in der Geſtalt der Zellengebilde kenntlich, welche die Geſchlechtsmaſſen erzeugen, ſo bei: Vaucheria, Oedogonium, Coleochæte, Fucus.

Der äußerliche Unterſchied iſt dagegen nicht nachweisbar bei den Desmidieen, Mesocarpus, Pandorina.

---

zu der kürzlich erſchienenen Schrift von Dr. A. DODEL über Ulothrix zonata. 695. Bot. Ztg. 76. — N. PRINGSHEIM, Ueber den Gang morph. Differenz. in der Sphacelarienreihe. Berlin, Königl. Ak. d. Wiſſenſch. 1873. S. 138 ff. — P. MAGNUS, Zur Morphologie d. Sphacelarien. — Graf H. zu SOLMS-LAUBACH, Ueber die Fruchtentwicklung von Batrachospermum 161. 9. Ueber Vaucheria dichotoma D. C. 361. Bot. Ztg. 67. — E. BORNET und G. THURET, Ueber die Befruchtung bei den Florideen. 156. Bot. Ztg. 67. — KNY, Ueber die Bedeutung der Florideen in morpholog. und hiſtol. Beziehung. 433. Bot. Ztg. 73. Ueber die Axillarknoſpen bei Florideen. Abdruck aus der Feſtſchrift zur Feier des 100jähr. Beſtehens der Geſ. naturforſch. Freunde. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlag.

Systematische Uebersicht der Algen nach Maout und Descaisne.

Tribus I. Florideen 60—70 Gattungen.
» II. Phæoſporeen und Fucaceen, THURET. (Melanoſporeen, HARVEY.)
1. Section: Laminarieen etwa 36 Gattungen.
2. » Fucaceen » 12 »
» III. Chloroſporeen, THURET. (Confervaceen, AGARDH.)
1. Section: Conferveen etwa 22 Gattungen.
2. » Unicellulariae » 4 »
Subtribus: Oedogonieen » 3 »
» IV. Vaucherien 1 Gattung.
» V. Synſporeen (Conjugatae) 8 Gattungen.
Subtribus: Desmidieen 21 »
» VI. Diatomeen.

Algae spuriae, hierhin rechnen d. Aut.: Volvocineen, Palmellaceen, Leptothrix, Nostoc, Oscillaria u. a. m.

Systematische Uebersicht der Algen in Mitteldeutschland nach Rabenhorst.

I. Claſſe: Algae.

I. Abtheilung: Diatomaceen.

1.	Familie:	Meloſireen . . .	4	Gattungen.
2.	»	Eunotieen	3	»
3.	»	Cymbelleen . . .	4	»
4.	»	Achnantheen . .	2	»
5.	»	Cocconeideen . .	1	»
6.	»	Surirelleen . . .	3	»
7.	»	Fragillarieen . .	6	»
8.	»	Naviculaceen . .	12	»
9.	»	Synedreen . . .	4	»
10.	»	Gomphonemeen .	4	»
11.	»	Meridieen . . .	1	»
12.	»	Tabellariaceen .	1	»

Die männlichen Geſchlechtszellen werden paſſiv zu den Eizellen geſchwemmt: Florideen, Batrachospermum. Sie ſchwimmen activ durch Flimmerbewegung bei den Vaucherieen, Oedogonieen, Saprolegnieen, Characeen (bis zu den Muscineen und Gefäßcryptogamen geht dieſer Zug mit).

Die Geſtalt und feinere Gliederung niederer Algen ſind indeß ſchon ſehr mannigfach, ſo bei den Desmidieen.

Die Protococcaceen, Palmellaceen repräſentiren bis jetzt die einfachſten Algenkörper. Immerhin iſt hier ſchon ein Proceß der Copulation mit dem Vorgang vegetativer Theilung verbunden.

1. Zellencolonien in Kugeln oder Flächen[1]).

Die niederen Algenformen erheben ſich zum Theil nicht über die Bildung von ſphäriſchen Zellen oder Zellencolonien, welche ſich durch Theilung vermehren. Die Propagation geſchieht durch freiwerdende Schwärm-

[1]) Hierhin gehören mehrere niedere Algenfamilien: die Palmelleen, Protococcaceen, auch die Volvocineen, ſämmtlich Waſſerbewohner, welche nach einigen Autoren zum Verwandtſchaftskreis der Palmellaceen vereinigt ſind. Zu den Palmelleen gehören die Gattungen: Pleurococcus, Glœocystis, Schizochlamys, ſ. Bd. I. S. 57, Palmella, Tetraspora, Dictyosphærium u. m. a. Zu den Protococcaceen gehören die Gattungen: Protococcus, Chlamidococcus, Chlamidomonas, Scenedesmus, Pediastrum. Die wichtigſten Gattungen der Volvocineen ſind: Volvox, Gonium, Stephanosphæra, Botryocystis. Die Desmidieen, einzellige Algen, durch die Copulation indeß mit den Zygnemaceen verwandt und mit ihnen in den Verwandtſchaftskreis der Conjugaten zuſammengefaßt, enthalten eine Reihe der morphotiſch ausgezeichnetſten Formen: Eremosphæra, Palmoglœa, ſ. Fig. 23, Penium, Closterium, Desmidium, Euastrum, Staurastrum, Cosmarium, Micrasterias.

II. Abtheilung: Phycochromaceen.
- 1. Ordnung: Gloiophycae, Schleimalgen.
  - 1. Familie: Chroococcaceen . . 14 Gattungen.
  - 2. » Oscillarieen . . 8 »
  - 3. » Nostocaceen . . 5 »
  - 4. » Rivularieen . . 8 »
  - 5. » Scytonemeen . . 7 »
  - 6. » Sirosiphoniaceen . 2 »

III. Abtheilung: Chlorophyllaceen.
- 1. Ordnung: Palmellaceen.
  - 1. Familie: Palmelleen . . . 15 Gattungen.
  - 2. » Protococcae . . 13 »
  - 3. » Volvocineen . . 4 »
- 2. Ordnung: Conjugatae.
  - 1. Familie: Desmidieen . . . 19 Gattungen.
  - 2. » Zygnemaceen . . 10 »
- 3. Ordnung: Siphoneen.
  - 1. Familie: Botrydiaceen . . 1 Gattung.
  - 2. » Vaucheriaceen . . 1 »

ſporen, durch Copulation zweier, aus den vegetativen Zellen hervorwachſenden Keimſchläuche, deren Zelleninhalte in eine einzige Zelle vereinigt werden. Dieſer Modus ſtellt den niederſten Zuſtand der geſchlechtlichen Vereinigung dar, weil die geſchlechtliche Spannung bis hieher die Bildung geſtaltlich und functionell verſchiedener Geſchlechtszellen nicht zu Stande bringt.

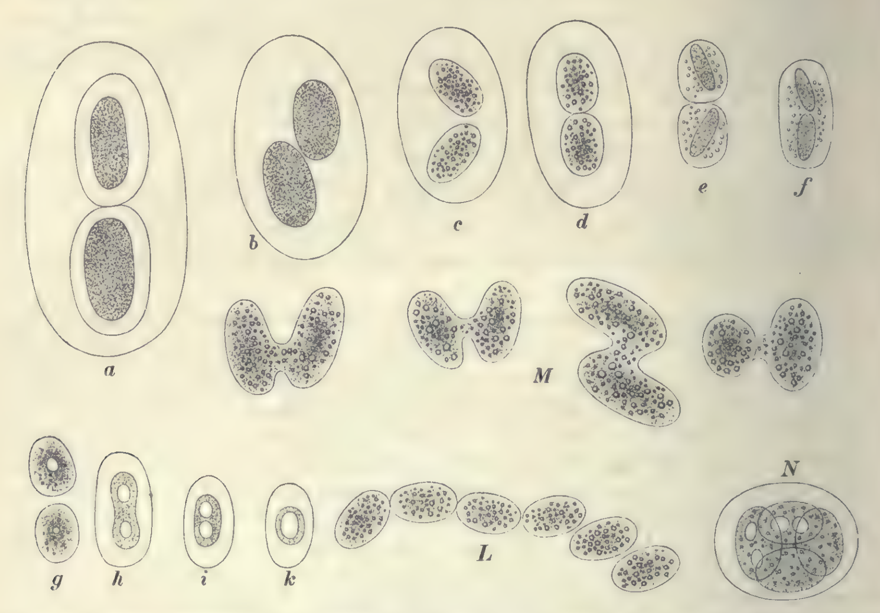


Fig. 25. Palmoglœa macrococca (Desmidieen). Die Reihe *a b c* . . . zeigt die Theilungen der Zelle in je zwei Tochterzellen der nächſten Zellengeneration. *e f* weitere Stadien der Theilung. *g h i k* Auftreten der Zellkerne, mit Jodtinctur behandelte Exemplare. *L* Kette von Zellen mehrerer Generationen. *M* Copulationszuſtand der Zellen aus der Reihe *L*. *N* Theilung in vier Tochterzellen. (A. Braun, Ueber die Erſch. der Verjüngung etc. Leipzig 1851.)

Der Entwicklungsgang dieſer Alge iſt etwa dieſer: ſoweit die Angaben reichen, entſteht die erſte Zelle der laufenden Sommerperiode aus dem Complex *N*. Je eine dieſer Zellen theilt ſich, nachdem die Membran zu

---

4. Ordnung: Confervaceen.
 1. Familie: Ulvaceen . . . . 3 Gattungen,
 2. » Sphäropleaceen . 1 »
 3. » Conferven . . . 6 »
 4. » Oedogonieen . . 2 »
 5. » Ulotrichineen . . 10 »

II. Claſſe: Melanophycae.
 1. Ordnung: Lemaniaceen.
 1. Familie: Lemanieen . . . 1 Gattung,

III. Claſſe: Rhodophyceen, Batrachoſpermeen . 1 »
 Phyllophoraceen, Phyllophoreen . . 1 » .

einer Gallerthülle aufgelockert iſt, in je zwei Tochterzellen, welche ſich ebenfalls mit Gallerthüllen verſehen. Die entſtehenden Generationen ſind durch die Figur 25 *a* bis *d* dargeſtellt, *e* und *f* ſind wahrſcheinlich pathologiſche Zuſtände. Hier iſt eine compactere grüne Plasmamaſſe ausgeſchieden. In derſelben Sommerperiode finden ſich aber auch Ketten vegetativer Zellen *L*, welche durch raſchere Theilung entſtanden ſind. Ein weiterer Schritt iſt die Copulation der zuletzt, z. B. aus *L* ſtammenden Zellen. Dieß iſt in verſchiedenen Lagen in *M* dargeſtellt. Zuletzt kapſeln ſich die durch Copulation entſtandenen Zellen ein und überwintern, um im nächſten Sommer in der Entwicklung, entſprechend dem Anfang, *a* der Figur, fortzufahren (den Cyclus zu wiederholen).

Die Copulanten fließen in der niederſten Stufe dieſes Vorganges ſelbſt zuſammen, Fig. 25 *M*, ſie ſind geſtaltlich vollkommen gleich und jeder Copulant trägt gleichviel zur Vereinigung bei.

Die Palmoglœa macrococca, welche A. Braun zuerſt genauer zu unterſuchen Gelegenheit hatte, wird zu den Desmidieen gerechnet wegen der Copulation, ſie zeigt aber in ihrer vegetativen Theilung großen Anſchluß an die vegetative Form der Palmelleen.

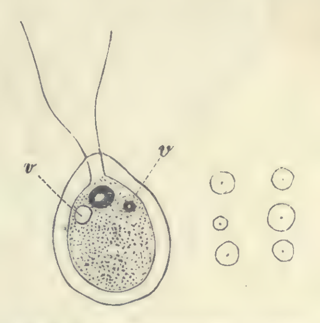


Fig. 26. Vacuolenrhythmus von Chlamidomonas. Die linke Vacuole *v* erreicht ſoeben das Maximum ihrer Ausdehnung, die rechte iſt dem Verſchwinden nahe.

Die Gleichmäßigkeit der Copulation von beiden Copulanten wird am anſchaulichſten bei Stauraſtrum (Desmidieen), Fig. 27. Die vegetativen Zellen *a b* ſenden geſchlechtliche Keimſchläuche aus, Fig. 27 *B C*, welche verwachſen, *B D*. Die Scheidewand zwiſchen beiden wird reſorbirt, die beiden Zellinhalte vereinen ſich zur Jochſpore *Z Z*.

Hier gehen zwei vegetative Individuen zu Grunde um eine Spore zu bilden. Käme hier nicht eine rein vegetative Reihe von Theilungen zu Hilfe, welche zwiſchen zwei geſchlechtlichen die Anzahl der Individuen vermehrte, ſo würde ſich die Form durch die Copulation in geometriſcher Progreſſion (∞ . . . . 32. 16. 8. 4. 2. 1) vermindern.

Zu den eleganteſten vegetativen Formen der Desmidieen gehört Micrasterias rotata, Fig. 29. Der vegetative Körper iſt hier einzellig, er iſt nach zwei zu einander ſenkrechten Richtungen ſymmetriſch und entſpricht einem Lager mit zwei Hauptausläufern *a a'*, mit je zwei Seitenlappen α α', β β', welche wiederholt gabelig zerklüftet ſind, wie dieß am beſten aus dem von der Wand durch die Einwirkung von Glycerin zurückgezogenen Plasmakörper *p p'* erkannt wird. *n* der Zellenkern.

Dieſe beiden, bezogen auf die Linie *b b'*, ſymmetriſchen Hälften ſind verſchiedenen Alters, wie aus der Figurenreihe, Fig. 28, hervorgeht. Man

findet in den Sphagneten, den Wohnorten dieſer Desmidieen, häufig Ketten von 12—20 Individuen, welche in der Vermehrung begriffen ſind. Dieß geſchieht ſo: die beiden mit *1* bezeichneten Hälften, Fig. 28 *A*, gehörten vor der Theilung einem Individuum an, in dem Orte der Einſchnürung

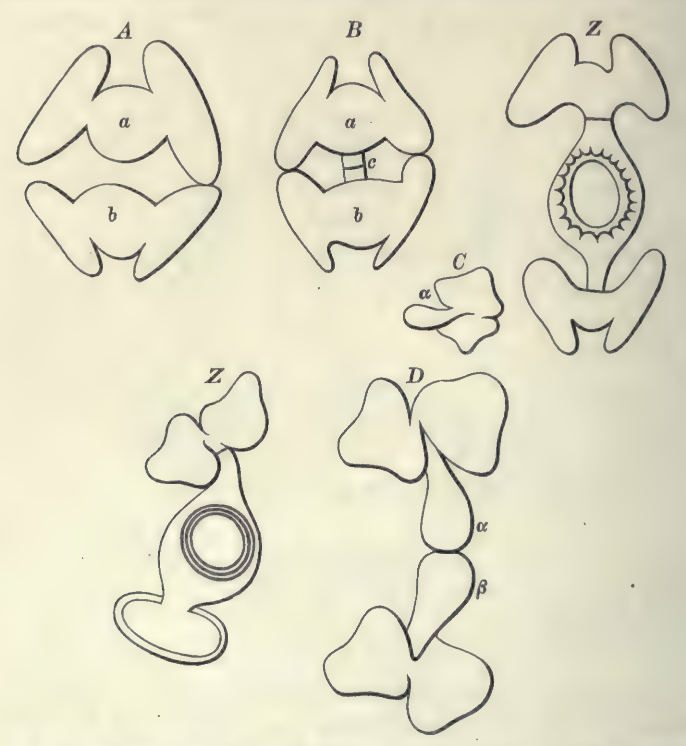


Fig. 27. Copulation und Entſtehung der Jochſpore bei Staurastrum (Desmidieen). *A* die beiden vegetativen Zellen vor, *B* nach der Vereinigung durch die in *C* und *D* dargeſtellten Keimſchläuche α β, *Z* die Jochſpore. (Halbſchematiſch.)

theilt ſich die Zelle, es wächſt aber ſofort zu jeder der Hälften *1* die andere Hälfte *2* hervor. So ſind zwei Individuen entſtanden. Die Generation *2* wächſt raſch zur Größe der Muttergeneration *1* heran, und es wiederholt ſich derſelbe Proceß, jetzt entſtehen vier Individuen, Fig. 28 *B*. Jede neue Generation ſei mit einer Zahl belegt, ſo erhalten wir die in dem Täfelchen verzeichnete Reihe, welche gleichzeitig die Blutsverwandtſchaft der Kette ausdrückt: in der oberen vor der Theilung iſt dann aber eigentlich für den einen Einer eine *0* zu ſetzen. In den Zahlenketten des Täfelchens ſind je zwei Zahlen überſtrichen, dieß deutet an, daß ſie einem Individuum zuzuſprechen ſind. *5* iſt die letzte Generation. Wir können alſo ſagen, von *1* ab iſt das Blut der Ahnen auf 16 Zellen vertheilt und 4 neue Generationen ſind entſtanden. Unterſuchen wir die letzte Zahlenreihe, ſo finden wir den

intereſſanten Zug, daß die zuletzt entſtandene Generation mit 16 Zellenhälften mit den Zellenhälften aller früheren Generationen combinirt erſcheint, nämlich 1, 4, 3, 2, ſymmetriſch um die Axe, welche das Täfelchen halbirt. Auf der anderen Seite 2, 3, 4, 1. Die nächſte Generation mit

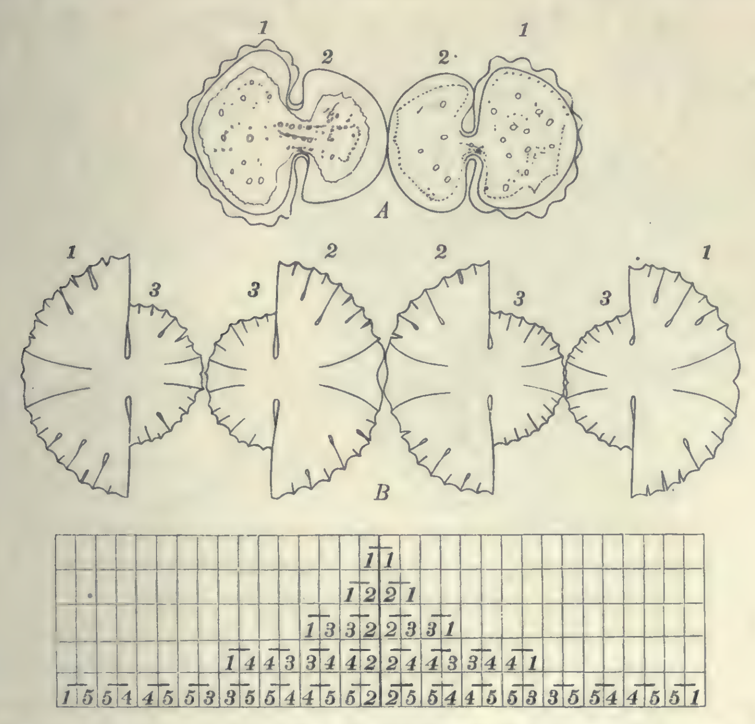


Fig. 28. Vegetative Vermehrung der Desmidieen. *A* für Cosmarium. Die Zellhälften *1 1* bildeten urſprünglich ein Individuum. Die Ausſtülpungen *2 2* ſproſſen aus der Einfügungsſtelle. In *B* iſt die zweimalige Theilung dargeſtellt für Micrasterias. Die Generationen folgen alsdann weiter wie die Zahlenreihen.

6 bezeichnet würde erhalten, indem wir zwiſchen je zwei Zahlen der vorhergehenden zweimal die Zahl 6 einſchalten und jede 6 mit den vorhergehenden Zahlen durch einen Strich verbinden: die vegetative Vermehrung geſchieht ſomit in geometriſcher Progreſſion 1, 2, 4, 8, 16, 32 . . . . ∞, ſo aber, daß jede Generation mit allen höheren zur Vereinigung kommt, daß alſo die letzte Generation mit der entfernteſten und mit der nächſten blutsverwandten zur Bildung der Individuen zuſammenkommt.

Da nun die Copulation, Fig. 27, die Reihe, welche durch vegetative Theilung in dem beſprochenen Sinne entſtanden iſt, auf die Hälfte der Individuenzahl vermindert, da nur halb ſoviel Jochſporen gebildet werden als vegetative Pflanzen vorhanden waren, ſo kann der geſchlechtliche Act der Propagation nicht dienen oder nichts Weſentliches zur Vermehrung beitragen. Die

ruhende Zygoſpore übermittelt zwar die Vegetation dieſer Desmidieen von einer Sommerperiode durch den Winter zur nächſten, die Vermehrung und Verbreitung hängt aber doch, wie aus der vorſtehenden Schilderung erhellt, allein von der Anzahl der vegetativen Theilungen ab, welche in der Vegetationsperiode ausgeführt werden.

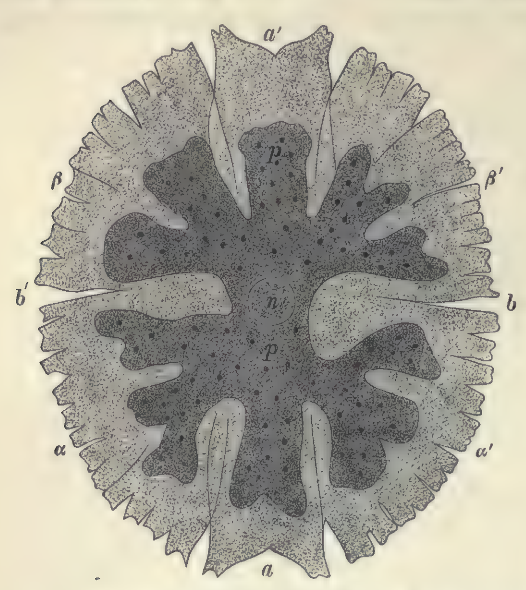


Fig. 29. Micrasterias rotata (Desmidieen). Einzelliger Körper, in *n* der Zellkern, *a a'* die erſten dichotomen Zweige, *α α'*, β β' die zweiten. Die Hälfte *a'* β β' iſt nicht von demſelben Alter wie *α a α'*.

Die Protococcaceen ſind einzellige Algen. Die Zelle iſt im Allgemeinen von ſphäriſcher Form. Wir unterſcheiden bei der gewählten Form, Chlamidomonas obtusa, Fig. 30, an der mit Cilien verſehenen Schwärmzelle *A* mehrere Chlorophyllkörper und in dem einen Pol zwei pulſirende Vacuolen (ſ. Bd. I d. Handb. S. 29). Die Entwicklung verläuft ſo, daß der Schwärmer endlich ſeine Cilien einzieht, ſich beruhigt und in den Zuſtand der Glöocyſte (Schleimhülle) übergeht. Es hebt ſich die Membran als dickere Gallerte von der Plasmamaſſe ab. Die Glöocyſte theilt ſich, Fig. 30 *C* und *D*, und es bilden ſich ſoviel ineinandergeſchachtelte Hüllen wie Zellengenerationen entſtehen.

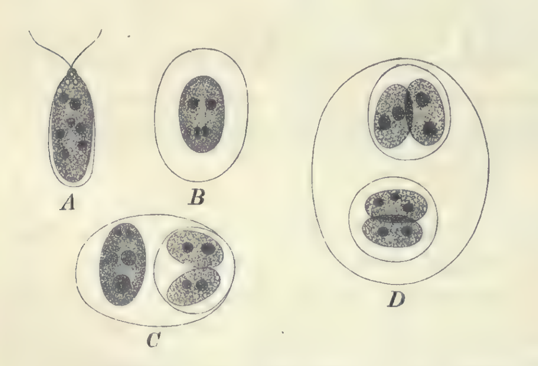


Fig. 30. Chlamidomonas obtusa (Protococcaceen). *A* der Schwärmer. *B C D* verſchiedene Stadien der zu dem Schwärmer gehörigen Glöocyſtenbildung. (Nach Cienkowsky, Bot. Ztg. 65.)

Aus dem Inhalt der letzten Generation entſteht wieder für je eine Zelle eine Schwärmzelle, welche die Hülle verläßt, mit Cilien verſehen im Waſſer ſich fortbewegt. Außer dieſen Makroconidien ſind noch kleinere Schwärmer, die Mikroconidien beobachtet worden, deren Entwicklung in Chlamidococcuszellen nachgewieſen iſt (Cienkowsky, a. a. O., S. 26).

Die Form der Zellengruppe, Fig. 31, zeigt von den niedern nach den höheren zuerſt eine Zellenfläche *a b c*, Fig. 31, in welcher durch wiederholte Theilung die Anzahl der Zellen wächſt. Die Gruppirung der Zellen hat aber gar keinen Anſchluß an höhere Lagerpflanzen. Die Vermehrung geſchieht dadurch, daß aus den Zellen des Randes der vorher ſchon getheilte Plasmakörper ausſchlüpft, und von Neuem eine Colonie durch Verſchmelzung der Einzelzellen bildet. Jegliche Andeutung weiterer

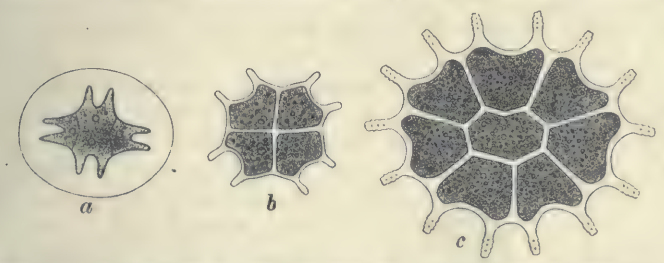


Fig. 31. Pediastrum. *a* kleine Scheibe aus vier Zellen beſtehend, noch in der gallertartigen Hülle eingeſchloſſen, *b c* ältere Zuſtände einer Scheibe nach dem Kreisquadrantentypus in je zwei Zellen verſchränkt (nach A. Braun, Verjüngung).

vegetativer Gliederung fehlt hier. Das Gebilde wurzelt nicht. Es bildet nicht differente Geſchlechtsmaſſen und beſitzt gleichwohl eine hochgegliederte Form. Die Schwärmzellchen, welche aus den Zellen der Scheibe *c* der Figur ausſchlüpfen, werden nicht gleichzeitig frei, im Verlaufe eines Tages etwa entleert ſich allmälig das Scheibchen, vier und mehr Tochterzellen ſind alsdann gebildet, ſie treten in einer hyalinen Blaſe aus der Mutterzelle und ſtellen eine Colonie dar, welche ſich allmälig beruhigt; die Zellchen ordnen ſich endlich zu einer Scheibe, zunächſt ohne ſich direct zu berühren, zuletzt aber verwachſen ſie bei der vorliegenden Art mindeſtens vollſtändig, Fig. 31 *a*. Nach wenigen Stunden verſchwindet die gallertartige Blaſe, das Gebilde erhält die Form *b* und theilt ſich von nun ab ſo, daß das vegetative Scheibchen *c* entſteht. Das Scheibchen *c* hat eine centrale und ſieben Randzellen. Die Form variirt ſo, daß in der Natur eine centrale Zelle mit mehreren, meiſt zwei Reihen von Zellen combinirt iſt, oder es ſind zwei centrale Zellen mit ſieben und neun Randzellen zuſammengeordnet (ſ. A. Braun, Verjüngung, S. 355). Die Generation bei Pediastrum iſt ſomit durch vegetative Theilung eingeleitet und die Progreſſion der vegetativen Individuen iſt: *n, n n, n n n* u. ſ. f., worin *n* die Anzahl der Zellchen in einem Scheibchen bedeutet.

Der Formenkreis der Protococcaceen iſt indeß noch mannigfaltiger. Wir können unterſcheiden:

1° Niedere Stufe. Sphäriſche Zellen mit ſtark gequollener Membran. Der Schwärmer mit Cilien, welche an dem ſpindelichen Ende durch die Gallerthülle austreten. Die Schwärmer und die Ruhezellen bilden neben dem Chlorophyll ein rothes Pigment, welches bei den Schwärmern auf ein punktförmiges Tröpfchen beſchränkt, bei den Ruhezellen diffus

neben dem Chlorophyll vertheilt iſt; hierher gehört: Protococcus Agardh und Chlamidococcus, Cystococcus.

2⁰ Höhere Stufe. Zellen cylindriſch ſichelförmig gekrümmt Ophiocytium Nägeli; die vielfach verkrümmten Zellen wachſen zuweilen feſt, ſie bilden mehrere Propagationszellen, welche in eine Reihe geordnet ſind.

Polyedrium Nägeli, Zellen frei tetraëdriſch, mit je einer Dornſpitze an den Ecken.

3⁰ Obere Stufe. a) Die Zellen verwachſen zu dendritiſchen Aeſten, welche in Quirlen bis zur dritten Ordnung an einer der Unterlage anhaftenden Stammzelle entſtehen. Sciadium Arbuscula A. Braun.

b) Die Zellen verwachſen zu flachen Scheiben oder polyedriſchen Colonien: Pediastrum, A. Br. Cœlastrum, Nägeli. Sorastrum, Ktzg.

c) Die Zellen ſind ſpindelig verwachſen zu langen Ketten in Richtung der kurzen Axe durch die Spindel Scenedesmus. Die Endzellen der Kette bei einigen Formen mit borſtenförmigem Anſatz, mondſichelartig gekrümmt.

Die Palmelleen ſtellen Colonien von Zellen dar, welche ſich in Kugelquadranten theilen, jede Generation umhüllt ſich mit einer Gallerthülle, oft ſtecken mehre Generationen in einander geſchachtelt, man unterſcheidet dann ſo viel Convolute der gequollenen Membran wie Zelltheilungen ausgeführt wurden. Sie bewohnen ſtagnirende Waſſer und Quellen, Sphagneten und Sümpfe in Geſellſchaft mit den Volvocineen, Diatomeen und anderen niederen Algengruppen. In Hinſicht der Form finden ſich in dieſer Familie alle Typen vereinigt: kugliche Einzelzellen, Vierlinge, Colonien in ſphäriſchen Gallertmaſſen und ſolche in unregelmaßigen Gallertlagern. Die wichtigſte Form iſt Palmella (Nägeli).

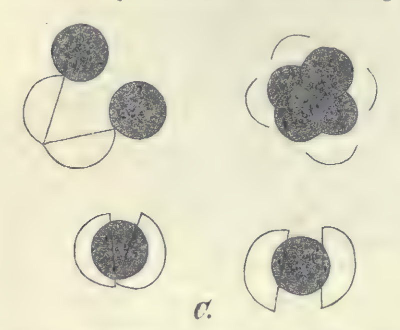


Fig. 32. Schizochlamys gelatinosa. Zwei Zellen, welche ihre Zellhaut in zwei Klappen zerreißen. Zwei neue Zellen, welche ebenſo die Membran der Mutterzellen zerklüften. Die dritte Generation vier Tochterzellen, die Membran zerfällt in vier Klappen. (A. Braun).

a) Niedere Formſtufe. Sphäriſche Einzelzellen in Colonien in einer Gallertmaſſe, welche durch Quellung der Membran entſtanden iſt. Die vegetative Vermehrung geſchieht durch Zwei- oder Viertheilung. In Bächen, Sümpfen und feuchten Mauern.

Glœocystis (Nägeli), Colonien mit mehreren Generationen. Die Einzelzelle ſphäriſch, alle in Gallertconvolute eingehüllt. Als Gallertklümpchen kenntlich an Flußufern, Floßholz, feuchten Bretterwänden.

Schizochlamys. Dieſe Palmellacee zeigt in Bezug auf die Zelltheilung eine ſchwache Analogie mit den unten zu betrachtenden Bacillariaceen. Sie lebt in Colonien in hyalinen unregelmäßigen Gallertlagern, in Gebirgsquellen, häufig in Geſellſchaft von Batrachospermum. Die Theilung geſchieht ſo, daß die erſte Generation zu zwei Kugelzellen führt, welche entlaſſen werden, indem die Membran in zwei ſcharf umſchriebene halbkugliche Klappen zerfällt. Theilt ſich eine Zelle in 4 Tochterzellen, ſo werden dieſe nach der Bildung von 4 Membranklappen entlaſſen (ſ. Fig. 32).

In der Gallerte ſieht man die Klappen oft zu Hunderten reihenweiſe entleert nebeneinander liegen. Pleurococcus, Menegh., Protococcus, Ktzg. Die Zellen in Colonien oder vereinzelt. Die Theilung geſchieht nach dem Schema der Kugelquadranten. Die Gallerthüllen dick geſchichtet. Ueberzüge an Brunnenwänden, feuchter Erde, Pfützen, auch an Flußufern auf Steinen.

Tetraspora, Agardh. Colonien im Gallertlager, die Zellen zu Vierlingen vereinigt.

b) Höhere Formſtufe. Hier ſind drei Formen der Zuſammenlagerung zu beachten:

1⁰ Palmodactylon, die Zellen in wenіggliedrigen Ketten ſind mehr oder weniger regelmäßig um einen Punkt geordnet zu einer in der Gallerte eingeſchloſſenen kuglich ſtrahligen Colonie.

2⁰ Rhaphidium. Die Zellen ſind ſchmalſpindelig, theilen ſich durch ſchiefſtehende Querwände in zwei- bis dreigliedrige Ketten. Viele ſolcher ſind um einen Punkt zu einer Colonie vereinigt.

3⁰ Hormospora. Die Theilung führt zu einer Kette, welche in einer cylindriſchen Schleimſchicht eingebettet liegt.

4⁰ Nephrocytium. Die halbkugeligen Zellen liegen zu mehreren in einer kurzcylindriſchen Hülle.

c) Höchſte Formſtufe. Dieſe iſt vertreten durch die Gattungen:

Dictyosphærium. Sphäriſche Colonien in gemeinſchaftlicher Gallerthülle; iſolirt man durch Druck einen Theil, ſo findet man die Einzelzellen an dichotomen Gallertäſten in Verzweigungen von zwei bis drei Ordnungen, ähnlich dem dichotomen Zweigſyſtem eines Alſinenblüthenſtandes. Dahin gehört auch Mischococcus, wo die Zellen zu zwei in Verband am Ende dichotomiſcher Zellenketten ſitzen.

Die Desmidieen enthalten die eleganteſten und am ſchärfſten ausgeprägten Formen im ganzen Pflanzenreich. Etwas Aehnliches kommt nur noch vor bei den Diatomeen und in den Pollenzellen der höchſten Pflanzen. Die vegetative Vermehrung geſchieht durch intercalares Wachsthum (ſ. die Fig. 28).

Mit einigen der Diatomeenformen haben die Desmidieen den Charakterzug gemein, daß aus der zwei vegetative Individuen beanſpruchenden Jochſpore bei deren Keimung wiederum nur zwei ſolcher für die nächſte Vegetationsperiode entſtehen; daß ſomit eine eigentliche Propagation auf dem Wege der Copulation nicht erzielt wird. Von den niederen nach den höheren Formen fortſchreitend erhält man die folgende Reihe:

Palmoglœa Ktzg. Die vegetativen Zellen unregelmäßig elliptiſch mit einem großen Chlorophyllkörper, die vegetative Vermehrung (Fig. 32) geſchieht durch wiederholte Zweitheilung, bei welcher die conſecutiven Generationen ihre Membranen in einander ſchachteln (ein Anſchluß an den Modus der Palmelleen), die endlich freien mit zarter Membran verſehenen vegetativen Zellen copuliren und bilden ſchließlich keine Jochſpore, dagegen vier Ruhezellen, welche in einer gemeinſamen Membranhülle eine Zeit lang in der trockenen Jahreszeit bis zur Wiederbefruchtung ruhen.

Eremosphæra, de Bary. Die vegetative Zelle kuglich mit feſter Membran und häufig mit Gallertſchicht. Das Chlorophyll in ſphäriſchen Plasmakörpern. Dieſe ſind in Platten in dem Wandbeleg oder ſtrahlig vom Mittelpunkt der Zelle aus geordnet.

Closterium, Nitzsch. Die vegetativen Zellen aller Arten dieſer verbreiteten Gattung ſind ſpindelig, an beiden Enden verſchmälert, in der Mitte am breiteſten Theil der Spindel etwas eingeſchnürt, oder mit ringförmiger Verdickung. Das Chlorophyll in ſphäriſchen Plasmakörpern. Dieſe ſind in mehreren Längſtreifen geordnet. Der Zellenkern in centraler Lage. An beiden Polen der Zelle liegen zwei ſphäriſche Vacuolen, in welchen zahlreiche ſehr kleine Kryſtällchen in Molecularbewegung befindlich ſind. Die vegetativen Zellen copuliren in der concaven Seite, bilden eine oder zwei im Joch liegende Sporen, welche eine Zeit lang ruhen. Vor der Keimung iſt der plasmatiſche Inhalt der Jochſporen farblos. Ein Zellkern iſt vorhanden. Während der Keimung häutet ſich die Zelle, nach wenigen Stunden zeigt ſich an zwei Stellen des ſphäriſchen Plasmakörpers Chlorophyll, zwei ſphäriſche Tochterzellchen differenziren ſich und nehmen die gefärbten Plasmakörper auf. Die Zellmembran der Mutterzelle zergeht, die beiden Tochterzellchen ſtrecken ſich zu den vegetativen, gekrümmt ſpindeligen Cloſteriumformen.

Penium, Bréb. Die vegetative Zelle iſt ſpindelförmig an den Polen abgerundet, im Querſchnitt kreisförmig, in dem Schnitt des größten Kreiſes eine helle chlorophylllofe Zone, das Chlorophyll iſt in ſechs bis acht Lamellen vertheilt, welche von der geometriſchen Axe ausſtrahlen. Die Vacuolen mit den tanzenden Kryſtällchen in den Polen fehlen.

Tetmemorus, Ralfs. Wie bei Penium, die Zelle aber iſt in der Mitte eingeſchnürt und an beiden Polen findet ſich eine nach dem Zellraum vorſpringende Leiſte von Celluloſe.

Pleurotænium, Nägeli. Dieſe Formen liegen zwiſchen der Spindel ohne Krümmung und dem Cylinder, ſie ſind entweder breitſpindelig oder elliptiſch in der Mitte eingeſchnürt, bezogen auf die Schnürſtelle ſymmetriſch. Das Chlorophyll iſt in mehrere Bänder geordnet, welche dem Wandbeleg eingebettet ſind. Pl. baculum eine faſt cylindriſche wenig in der Mitte eingeſchnürte Form.

Von dieſen ſtereometriſch ſcharf umſchriebenen aber verhältnißmäßig einfachen Formen aus laſſen ſich die nächſtähnlichen nach zwei Richtungen herleiten. In einer dieſer Richtungen (nämlich Desmidium, Bambusina, Hyalotheca u. a.) liegt der geſtaltliche Anſchluß an die ſonſt iſolirt ſtehenden Bacillariaceen (ſ. unten); in der anderen (Gonatozygon) der Anſchluß an die Zygnemaceen, während die Gattungen Micrasterias, Euastrum, Cosmarium, Arthrodesmus, Xanthidium durch die Symmetrie der Form an Tetmemorus anſchließen, dabei aber die äußerſte Complication zeigen und geſtaltlich wenigſtens an höheren Algenformen keinen Anſchluß beſitzen.

Erſte morphologiſche Anſchlußreihe. Die vegetativen Zellen entſtehen in einer Cylinderkette durch wiederholte Theilung. Die Kette bildet bei einigen eine Gallerthülle. Die Einzelzellen löſen ſich aus der Kette und copuliren, indem jede einen kurzen Keimſchlauch bildet. Die Keimſchläuche verſchmelzen. Die Zellinhalte vereinigen ſich zur Jochſpore im Joch. Dieſe beſitzt eine dauernde erhärtende (mit Exosporium und Endosporium verſehene) Membran.

Hyalotheca, Ehrbg. Cylinderketten, jede Zelle mit mehreren erhabenen Ringleiſten an der Cylinderwand, da wo die Querwand zwei Zellen trennt. Die Chlorophyllbänder ſtrahlig um den Mittelpunkt gruppirt.

Bambusina, Ktzg. Cylinderketten, jede Zelle tonnenförmig aufgetrieben. An dieſen Stellen mit zwei Ringleiſten. Die Längswand außerdem geſtreift. Die Chlorophyllbänder um die geometriſche Axe der Zelle in fünf bis ſechs Strahlen geordnet.

Didymoprium, Ktzg. Dieſe Gattung hat ſchon deutlichen morphotiſchen Anſchluß an die Bacillariaceen: Gliederfäden zu zwei bis drei und mehr in einer hyalinen Gallertröhre. Nennen wir wie unten bei den Bacillarien die Anſicht, welche ein Zellenglied bietet, wenn es von der Seite erſcheint, wenn man die Kette abmuſtert, die Gürtelbandanſicht (Gürtelanſicht), den Querſchnitt der Kette aber die Schalen- oder Flächenanſicht, ſo macht ſich hier ſchon ein auffälliger Unterſchied geltend. In der Gürtelanſicht iſt das Zellenglied mehr kurz wie breit, mit einer vorſpringenden Leiſte, welche im Aequator der Zelle eingebuchtet iſt. Die Schalenanſicht iſt eine Ellipſe, an deren Krümmungen vom kleineren Krümmungsradius jene Leiſten hervorſtehen. Die Gallerthülle iſt ebenfalls im Querſchnitt elliptiſch. Die Chlorophyllkörper ſind von der Schalenanſicht ab über's Kreuz, in der Gürtelanſicht in zwei getrennten Bogen geordnet.

Desmidium, Agardh. Kettenordnung wie vorher, mit oder ohne Gallerthülle. In der Gürtelanſicht erſcheinen die Zellen rechteckig, mehr breit als lang mit ausgebuchtetem Rand, in der Schalenanſicht drei- oder vierſeitig, dementſprechend mit drei- beziehentlich vierſtrahligen Chlorophyllplatten. Trennen ſich die Zellen, ſo liegen ſie auf der Schalenſeite und erſcheinen dementſprechend als drei- oder vierſeitige Täfelchen.

Zweite morphotiſche Anſchlußreihe. Gonatozygon de Bary. Sehr lange

Cylinderzellen in leicht in die Einzelzellen zerklüftende Ketten geordnet, mit centralem Chlorophyllbande. Die iſolirten Einzelzellen beugen ſich knieförmig, copuliren in der Knieſtelle und bilden eine kuglige Spore im Joch. Anſchluß an Mougeotia (ſ. unten bei den Zygnemaceen).

Dritte Reihe. Obere Erhebung der ſymmetriſchen und mehrſtrahligen Formen.

Dieſe Reihe iſt wie oben im Text an den Figuren und der Zahlenreihe Fig. 28 entwicklungsgeſchichtlich definirt; die vegetative Verjüngung geſchieht in Ketten, aber ſo, daß durch intercalares Wachsthum des ſehr ſchmalen Wandſtückes zwiſchen beiden Hälften der vegetativen Zelle zwei neue Hälften entſtehen:

1⁰ Cosmarium, Corda. Schließt ſich an Penium der Geſtalt nach an. Die vegetative Zelle Fig. 28 iſt genau ſymmetriſch um die tiefe Einſchnürung, in welcher die vegetative Verjüngung beginnt. Die Hälften ſind halbkuglich oder nierenförmig ohne weitere Gliederung. Das Chlorophyll iſt an mehrere ſtrahlig gruppirte Bänder vertheilt. Zahlreiche von dieſer Grundform in der Geſtalt abweichende Arten.

2⁰ Euastrum, Ehrenb. Die vegetative Zelle iſt von der Fläche von der Einſchnürungsebene aus ſtreng ſymmetriſch und in beiden Hälften ganz gleich gelappt. Ein Endlappen beiderſeits eingebuchtet, zwei bis drei Seitenlappen. Längsdurchmeſſer etwa zwei bis drei mal ſo groß wie der Querdurchmeſſer. Das Chlorophyll in mehreren Bändern ſtrahlig oder in unregelmäßigen Figuren. Der Zellkern liegt im Centrum der Figur. Die Copulation genau ſymmetriſch führt zu großen kugligen mit warzigem Exoſpor verſehenen Zygoſporen, welche im Joch liegen.

3⁰ Arthrodesmus, Ehrenb. Die Gürtelbandanſicht, welche der Ebene der Theilung entſpricht (ſtreng genommen iſt die Einführung dieſer Bezeichnung bei der letzten Gruppe überhaupt unzuläſſig, da die Theilung nicht in dem Sinne der erſten morphot. Anſchlußreihe erfolgt), zeigt ſpindel- oder mondſichelförmige Zellen tief eingeſchnürt. Die Schalenanſicht iſt elliptiſch.

4⁰ Xanthidium (Ehrenb.), Ralfs. Zellen faſt kuglig tief eingeſchnitten, ſymmetriſch mit ſtark vorſpringenden Warzen beſetzt.

5⁰ Micrasterias, Agardh. Für dieſe ausgezeichnete Gattung haben wir in dem nach einem Photogramm (bei etwa 400-facher Vergrößerung hergeſtellt) angefertigten Stich die Flächenanſicht dargeſtellt. Das Syſtem der vegetativen Zelle läßt ſich auf eine wiederholte Gabelung der Membran zurückführen. Das Plasma iſt in der Figur zurückgezogen, wie dieß durch Einwirkung des Glycerin geſchieht. Das Chlorophyll iſt in kleineren und größeren Plasmakörpern vertheilt. Der Nucleus liegt in der Einſchnürungsſtelle. Denkt man ſich einen Durchſchnitt durch die Linie *aa'* gelegt, ſo erhält man die Anſicht einer ſchmalen Spindel mit bogig welligem Contour. Die vegetative Theilung kann an M. rotata, welches in Sphagneten vorkommt, leicht ſtudirt werden, man findet zuweilen Reihen von zehn bis zwölf Exemplaren, ſo wie dieß die Fig. 28 darſtellt.

6⁰ Staurastrum, Meyen. Die Formen dieſer Gattung ſind noch complicirter gebaut, wie Micrasterias. In der Ebene, in welcher die tiefe Einſchnürung zwiſchen beiden Hälften liegt, erſcheinen dieſe als elliptiſche oder ſelbſt ſpindelige Figuren. Im ſenkrechten Durchſchnitt (entſprechend der Schalenanſicht) ſind es Dreiecke, Vierecke oder vier- bis fünfſtrahlige Sterne. Einige Formen ſind mit zierlichen langen Stacheln oder Warzen bedeckt. Die Jochſpore iſt kuglig und mit gabeltheiligen Hautvorſprüngen.

Die Volvocineen ſind Schwärmcolonien aus 16 bis 64 Zellen, deren je zwei Cilien über den Rand einer quadratiſchen Scheibe hervorſtehen, (Gonium); aus acht ebenſolchen in einer kugligen Gallerthülle (Stephanosphæra); zahlreiche Zellen, jede mit mehreren Cilien in einer kugligen

Gallerthülle, (Botryocystis); jede Zelle rotirt durch die Flimmerbewegung der Cilien in der Colonie[1]).

Bei Volvox globator liegen zahlreiche vegetative Zellchen in der Gallertkugel nahe an der Peripherie, ſo daß ihre Cilien über die Peripherie hinaus in's umgebende Waſſer ragen. Eines dieſer Zellchen nimmt an Größe zu, verliert die Cilien und wandert in's Innere der Kugel. Nachdem es dort ſich mit einer feſten Membran bekleidet hat, zerfällt es in zahlreiche Zellchen. Dieſe werden zu Eizellen (Keimbläschen).

Andere Randzellen derſelben Kugel werden nach derſelben Wanderung zu Antheridien (Monöcie). Die Spermatozoïden ſind mit zwei Cilien verſehen, ſpindelförmige Plasmafäden, ſie befruchten die Keimbläschen, welche ſich mit einer cuticulariſirten (?) Membran umkleiden und eine ſternförmig verdickte Dauerzelle darſtellen.

Der geſchilderte Proceß der Wanderung kann mehrmals vor ſich gehen, ſo daß mehrere Kugeln in einander geſchachtelt erſcheinen. Die Volvocineen haben mit den Protococcaceen die Bildung der Schwärmſporen gemein, welche die Arten auf ungeſchlechtlichem Wege fortpflanzen.

Der Typus der Kugelcolonien von Zellen kommt von jetzt in aufſteigender Linie noch einmal bei den Gonidien der Flechten vor. Es iſt ſchwer von den niederen Algentypen einen directen Anſchluß zu finden an die Cylinderketten, während häufig der geſchlechtliche Modus die Möglichkeit eines Anſchluſſes gewährt. Drei Verhältniſſe ſind in Betracht zu ziehen, um ſich ein Urtheil über den Verwandtſchaftsgrad zu bilden:

1⁰ Entwicklung der Form und Gliederung der fertigen feſten Form;

2⁰ Sexualität, Verhalten der beiden Geſchlechtsmaſſen;

3⁰ Verhalten der in dem Verwandtſchaftskreis nach den beiden erſten Studien untergebrachten Arten zu den umgebenden Medien, zum Licht und den äußeren Ernährungsbedingungen.

Hier kommen zunächſt in Betracht: Iſt das Plasma Chlorophyll oder überhaupt Pigment führend, iſt dieß ein feſter, unwandelbarer Zug oder nicht?

[1]) Die Volvocineen leben ſchwärmend in Tümpeln und Pfützen in Geſellſchaft mit den Protococcaceen; die wichtigſten Formen ſind, wenn die Form der Colonien von der niederen nach der höheren geordnet wird: Botryocystis, Ktzg., Colonie aus ſphäriſchen Zellen in einer kugligen Gallertmembran, die Zellen eng verbunden, die Cilien der peripheren ragen durch die Gallertmembran in's umgebende Waſſer. Gonium, Müller, die Colonie beſteht aus 16 Zellchen, welche in eine Ebene zu einem quadratiſchen Scheibchen geordnet ſind. Stephanosphæra, Cohn, die Hülle iſt kuglig, in ihr befinden ſich 8 mit Cilien verſehene Zellen, oder nach der Theilung 8 Colonien, frei und in der Mutterhülle beweglich. Volvox, ſ. oben.

Iſt die Pflanze ein Paraſit, der ſich einem beſtimmten oder mehreren Nährpflanzen oder Nährthieren angepaßt hat oder nicht?

Mit Berückſichtigung dieſer Kriterien können wir zunächſt den Anſchluß von den Palmelleen, Protococcaceen und Desmidieen nach den höheren Formenreihen aufſuchen und zur Erleichterung des Ueberblickes dieſe Unterſuchung in Schematen zuſammenſtellen, in welchen gerade nur die Hauptzüge der Evolution in Betracht gezogen werden.

Palmelleen haben Anſchluß in der Zerklüftung bei Schizochlamys an die Bacillariaceen. Sie haben ferner Anſchluß als Flechtengonidien an die Flechten. Die Flechten haben in der vegetativen Entwicklung Anſchluß an die Pilze.

Protococcaceen haben Anſchluß in d. Form u. Colonienbildung an die Chroococcaceen. Dieſe haben mit ihren Verwandten andererſeits Anſchluß an die Flechtengonidien. Sie haben ferner Verwandtſchaft mit den Schizophyten (Bacterien). Die Bacterien, von Algen hergeleitet, haben ſelbſt wiederum in faſt allen Formen durch Anpaſſung an den Wirth oder die geeignete Unterlage Anſchluß an die paraſitären Pilze mindeſtens in der ernährungsphyſiologiſchen Hinſicht.

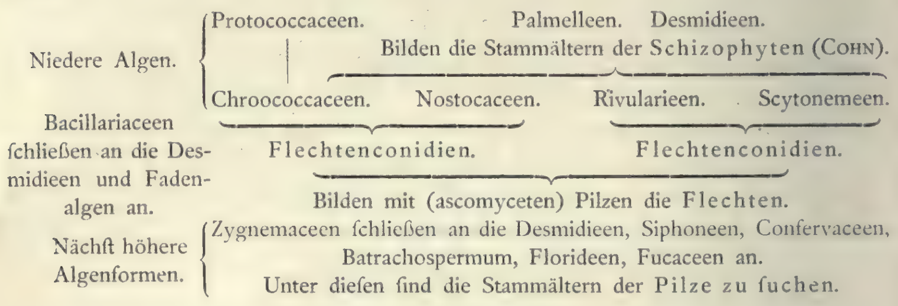
Desmidieen haben Anſchluß in dem Act der Befruchtung an die Zygnemaceen, ferner an die Bacillariaceen durch die Copulation und die Kettenbildung. Die Bacillariaceen haben Anſchluß durch den Modus des Zerklüftens der vegetativen Zellen an Oedogonium.

Soll man der Form und den hiſtologiſchen Zügen nachgehen, ſo würden jetzt an die Desmidieen die Bacillariaceen anzureihen ſein. Soll aber ein untergeordneter Formzug, der von Gonatozygon und Pleurotænium herangezogen und als Hauptentſcheidung die Copulation gewählt werden, ſo reihen ſich die Zygnemaceen an, welche ihrerſeits wieder vollkommen differente Wuchsform zeigen. Ein ganz allgemeiner Zug in der nächſten Erhebung der Form, ſo weit es ſich um vegetative Theilung handelt, iſt die Bildung der Cylinderfäden von Zellen, in welchen zunächſt alle Zellen gleichartig ſind, ſodann verzweigt ſich die Zellenkette, jeder Zweig bildet wiederum durch Theilung neue Zellenglieder.

Abgeſehen von der Complication der Wuchsformen, der Anzahl der Aeſte und ihrer gegenſeitigen Verflechtung können alle höheren Formen zunächſt bis zu denjenigen mit Scheitelwachsthum und mit Ausſchluß der Siphoneen unter den Typus der Zellengliederfäden oder der verzweigten Zellengliederfäden zurückgebracht werden. Wir rechnen hieher die Confervaceen, die Zygnemaceen, aber auch die Flechten und Pilze, und ſchließen aus die Siphoneen (Vaucherieen).

Die Schizophytae, Cohn (Schizomycetes, Nägeli), ſtehen aber jedenfalls niederer wie die Zygnemaceen und die Algenformen, welche unter dem Namen der Confervaceen zuſammengeſtellt wurden.

Im geſchlechtlichen Leben ſtehen andererſeits die Siphoneen (Vaucherieen) über den Schizophyten. Wir bilden daher, ehe wir eintreten in die höheren Algenformen, drei Nebenreihen. Die große Schwierigkeit, welche erwächſt, iſt der Umſtand, daß ſogleich die erſte Nebenreihe in ihren weſentlichen Formzügen bei der Vermehrung und Entwicklung nicht ohne die Entwicklungsgeſchichte der Hauptalgentypen einen guten Anſchluß findet. Wir erhalten mit Bezugnahme auf die obige Discuſſion und die S. 62 namhaft gemachten drei Kriterien dieſes Schema für den Anſchluß der niederen Algengruppen nach den nächſt höheren und den drei Nebenreihen:



Erſte Nebenreihe: Schizophytae (Spaltpflanzen, Cohn) Pilze, Algen; (Schizomycetes, Nägeli) Bacterien[1]).

Dieſe niederen außerordentlich kleinen Organismen ſind in der neuern Zeit erſt eingehender unterſucht. Sie leben meiſt geſellig in Colonien, welche in mehr oder weniger erhärteter Schleimmaſſe (Intercellularſubſtanz nach Cohn) eingebettet ſind, oder in Häuten dieſer erhärteten Maſſe, welche faulende, gährende Flüſſigkeit oder organiſche Abfallsproducte überziehen. Einige dieſer Bacterien ſind entſchiedene Gährungs- oder Fäulnißerreger, andere inficiren die Wunden höherer Thiere, bewirken eine krankhaft verlaufende Zerſetzung des Blutes und der Gewebe. Sie entwickeln ſich im Labaufguß, im Moſt und der Maiſche, im Kampf mit der Hefe u. a. m. Zum genaueren mikroſkopiſchen

---

[1]) Dr. Th. Billroth, Unterſuchungen über die Vegetationsformen von Coccobacteria septica und den Antheil, welchen ſie an der Entſtehung der Wundkrankheiten haben. Berlin. G. Reimer. 1874. Dieſer Forſcher rechnet alle Bacterien zu einer einzigen Art und betrachtet alle beobachteten Formen als Uebergangsſtadien oder Entwicklungsformen, welche zum Theil von der Beſchaffenheit des Subſtrates und der Ernährung abhängen. Cohn dagegen ſtellt eine Reihe von Gattungen zuſammen und will die Art nach der Form oder nach dem Weſen ihrer Gährungserregung beſtimmt wiſſen.

Die Bacterienkeime ſind jedenfalls in der Luft und in außerordentlichen Entfernungen von einander vertheilt. Cohn bedient ſich, um die Frage zu entſcheiden, ob die in der Luft vorhandenen Keime noch keimfähig ſind oder durch das Trocknen ihre Keimkraft eingebüßt haben, eines Aſpirators, welcher die Luft durch cylindriſche Gefäße treibt, in welchen geringe Mengen der geeigneten Nährlöſung gegeben wurden. Das Reſultat iſt von einigem allgemeinem Intereſſe: bei einem Verſuch, in welchem 340 Liter Luft in dieſer

Studium der Bacterien tingirt man am beſten die von den Flüſſigkeiten abgehobenen farbloſen Häute und Flocken mit einem ſchwachen Fernambukholzauszug. Die Bacterien ſchließen ſich nach den Unterſuchungen COHN's an die Algen an und zwar an die Gruppe der Phycochromaceen. Die Bildung des Phycochroms (bei den Schizophyten, ein roſenrothes Pigment), iſt indeß nicht allen eigen, kann ſelbſt nicht als genetiſcher Unterſchied für den Gattungs-, beziehentlich Artbegriff benutzt werden. Geſtaltlich ſind die Bacterien ausgezeichnet durch die Gliederung, Spaltung in cylindriſche oder ſphäriſche Zellchen, welche reihenweiſe oder in Gruppen von vier, oder in Colonien geordnet ſind. Bei einigen Formen bilden ſich die abgegliederten Zellchen zu Dauerſporen um. Die ſpontane Bewegung der Colonien oder der Einzelzellen kommt nur einigen Formen zu. Mehrere Arten beſitzen ein oder zwei Cilien, die Bewegung der Einzelzellen iſt eine ſchraubenlinige.

Synopſis der Schizophytae (nach COHN)[1]).

Tribus I: Glœogenae. Zellen frei oder durch Intercellularſubſtanz zu Schleimfamilien vereinigt.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden. Zellen kuglig: Chroococcus, NÄG. Zellen cylindriſch: Synechococcus, NÄG.

B. Zellen im Ruheſtand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

a) Die Zellmembranen mit der Intercellularſubſtanz zuſammenfließend.

1⁰ Zellen nicht phycochromhaltig, ſehr klein. Zellen kuglig: Micrococcus. Zellen cylindriſch: Bacterium, DUJ.

Bacterium Termo der verbreitetſte Fäulnißerreger, erträgt das Eintrocknen in der Luft und nimmt beim Befeuchten die normale Lebensthätigkeit wieder auf. Zu Culturverſuchen eignet ſich eine Löſung von ſaurem phosphorſaurem Kali 1 Th., ſchwefelſaure Magneſia 1 Th., neutrales weinſaures Ammoniak 2 Th., Chlorcalcium 0,1 auf 200 Th. Waſſer. Dieſe Bacterie geräth in Kälteſtarre bei + 5⁰ C., erträgt noch 45⁰ C. und ſtirbt bei mehrſtündiger Wirkung der Temperatur von 50⁰ C. Die Fäulnißproceſſe ſind von dieſer Bacterie ebenſo direct abhängig, wie die Alkoholgährung von der Vegetation der Hefe (EIDAM in COHN a. a. O. S. 208 ff.).

2⁰ Zellen phycochromhaltig größer. Zellen kuglig: Aphanocapsa, NÄG. Zellen cylindriſch: Aphanothece, NÄG.

b) Intercellularſubſtanz aus in einander geſchachtelten Zellhäuten gebildet. Zellen kuglig: Glœocapsa, KG. NÄG. Zellen cylindriſch: Glœothece, NAG.

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

Weiſe gewaſchen wurden, bildeten ſich 35 Raſen des Penicillium- und des Aspergillusmycels; wenn, wie COHN angibt, jede ſolche Mycelflocke von einer Spore herſtammt, ſo kommt nahezu auf 10 Liter Luft eine Spore. Der Menſch würde im Tage etwa 1000 Sporen durch die Athmung einführen, welche ſelbſtredend nicht alle zur Keimung gelangen, zum großen Theil wieder ausgeathmet werden. In der Waſchflüſſigkeit entwickeln ſich in der Regel keine Bacterien. Dieß ſtimmt mit den Angaben früherer Forſcher, wonach die Infection durch Bacterien in der Regel nicht durch die Luft, ſondern durch bacterienhaltige Flüſſigkeiten erfolgt.

[1]) Die Verzweigung einiger der Formen iſt ſtets eine unächte, inſofern der Scheinzweig nächſt höherer Ordnung ein Faden iſt, welcher ſich an den tragenden angelegt hat. — In der Pathologie haben in erſter Linie die Milzbrandbacillen, Bacillus anthracis, Aufſehen erregt. Der Gegenſtand gehört ſtreng genommen nicht in ein Handbuch der Morphologie, daher hier nur die Literaturzuſammenſtellung: BOLLINGER, Zur Pathologie des Milzbrandes. München 1872. — ZIEMSSEN, Handbuch der ſpec. Pathologie. — KOCH, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit. COHN, a. a. O. Bd. 2.

c) Zellfamilien einſchichtig in eine Zellfläche gelagert.

1⁰ Zellen quaternär geordnet in einer Ebene: Merismopedia, Meyen.

2⁰ Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert. Zellen kuglig; Familien netzförmig durchbrochen: Clathrocystis, Henfr. Zellen cylindriſch kreisförmig, Familien durch Furchung getheilt: Cœlosphærium, Näg.

d) Zellfamilien mehrſchichtig zu ſphäroidiſchen Zellkörpern vereinigt.

1⁰ Zellenzahl beſtimmt. Zellen kuglig, quaternär geordnet, farblos: Sarcina, Goods. Zellen cylindriſch, keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig: Gomphosphæria, Kg.

2⁰ Zellenzahl unbeſtimmt, ſehr groß. Zellen farblos, ſehr klein: Ascococcus, Billroth.

Nach den Unterſuchungen Cohn's bringt dieſe Bacterie in Löſung von weinſaurem Ammon Butterſäuregährung hervor, dabei wird die ſaure Reaction der Nährlöſungen in alcaliſche umgewandelt.

Zellen polychromhaltig, größer: Polycystis, Kg., Coccochloris, Spr., Polycoccus, Kg. u. a.

Tribus II: Nematogenae, Rab., Zellen in Fäden geordnet.

A. Zellfäden ſtets unverzweigt.

a) Zellfäden frei oder verfilzt.

1⁰ Fäden cylindriſch, farblos, undeutlich gegliedert. Fäden ſehr dünn, kurz: Bacillus, Cohn.

Davaine ſtellte zuerſt durch Impfung des Blutes von milzbrandkranken Thieren auf geſunde feſt, daß das Blut als Contagium wirke, da in ihm ſich eine Bacterie befindet, welche der Träger der Krankheitserregung iſt. Dieſe Bacterie, Bacillus anthracis, vermehrt ſich im Blute der milzkranken Thiere außerordentlich raſch durch Theilung. Die neuerdings von Dr. Koch (Cohn, Bd. II. S. 277 ff.) angeſtellten Impfverſuche ergaben, daß die geimpften Bacillen ſich im Blute der Mäuſe, Meerſchweinchen raſch zu langen Gliederfäden vermehren, in welchen zahlreiche Sporen gebildet werden. Die Sporen keimen und bilden wieder die im Blute vorkommenden Bacillen. Die Sporenbildung iſt von beſtimmter Temperatur und vom Luftzutritt abhängig. Die Verſchleppung der Seuche und die Infection geſchieht ſehr wahrſcheinlich durch die Sporen und nicht durch die vegetativen Bacillen.

Fäden ſehr dünn, lang: Leptothrix, Kg. Faden ſtärker, lang: Beggiatoa, Trev.

Dieſe Bacterie wurde in Thermalwäſſern gefunden, erträgt die Temperatur der Quelle in Baden (46—48⁰ C.), bildet aus den Schwefelverbindungen Schwefelwaſſerſtoff, ſcheidet kleine glänzende Körnchen in der Membran und im Zellinnern ab, welche in Schwefelkohlenſtoff löslich ſind, ſehr wahrſcheinlich kryſtalliniſcher Schwefel (Cohn, a. a. O. S. 172. Chr. Müller, Bern, Beſchreibung der Thermen in Baden. 1870. Zehnder's Buchdruckerei S. 16 ff.).

2⁰ Fäden cylindriſch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt: Hypheotrix, Oscillaria, Bosc.

Dieſe Formen (ſ. Oscillarien) ſind nach früheren Autoren in die beſondere Familie der Oscillarien vereinigt (ſ. unten Zuſammenſtellung der Phycochromaceen und Flechtengonidien).

3⁰ Fäden cylindriſch gegliedert, Conidien bildend. Fäden farblos: Crenothrix, Cohn.

Crenothrix ſchließt ſich nach den Unterſuchungen Cohn's jedenfalls hier an. Es iſt eine in Raſen von gelber Farbe an Brunnenwänden wachſende Alge. Cylindriſche oscillarienähnliche Fäden mit etwas verdicktem Ende, das Endglied des Fadens häufig beträchtlich länger wie die rückwärts belegenen. Die Vermehrung geſchieht, indem ſich die vegetativen Zellen vielmal theilen. Die Zellchen runden ſich ab und rücken reihenweiſe, oft in mehreren Reihen, nach der Mündung. Dieſe Gonidien ſind von verſchiedener

Größe, Mikrogonidien in großer Zahl, Makrogonidien durch ein- bis zweimalige Theilung. Beide Formen bleiben, nachdem ſie ausgeſtoßen ſind, in Colonien an der Mündung des Fadens liegen. Die Keimung der Gonidien führt zur Bildung neuer Crenothrixfäden.

Fäden phycochromhaltig: **Chamæsiphon** u. a.

4⁰ Fäden ſchraubenförmig ohne Phycochrom. Fäden kurz, ſchwach wellig: Vibrio, Ehr. Fäden kurz, ſpiralig ſtarr: Spirillum, Ehr. Fäden lang, ſpiralig flexil: Spirochæte, Ehr., phycochromhaltig. **Fäden lang, ſpiralig flexil: Spirulina, Link.**

5⁰ Fäden roſenkranzförmig. Fäden ohne Phycochrom: Streptococcus, Billr. Fäden phycochromhaltig: **Anabæna, Bory; Spermosira, Kg. u. a.**

6⁰ Fäden peitſchenförmig nach der Spitze verjüngt: Mastigothrix u. a.

b) Zellfäden durch Intercellularſubſtanz zu Schleimfamilien vereinigt.

1⁰ Fäden cylindriſch farblos: Myconostoc, Cohn.

2⁰ Fäden cylindriſch phycochromhaltig: Chthonoblastus, Limnochlide, Kg. u. a.

3⁰ Fäden roſenkranzförmig: Nostoc, Hormosiphon u. a.

Nostoc und Hormosiphon, von den älteren Autoren in der Familie der Noſtocaceen vereinigt, vegetiren auf der Erde, große unregelmäßig lappige oder ſphäriſche Gallertmaſſen (ſ. unten Zuſammenſtellung der Phycochromaceen und Flechtengonidien).

4⁰ Fäden peitſchenförmig nach der Spitze verjüngt: Rivularia, Roth; Zonotricha, Ag. u. a.

Rivularia nach den älteren Autoren zur Familie der Rivularieen gehörig, Waſſerbewohner (ſ. unten a. a. O. Phycochromaceen).

B. Zellfäden durch falſche Aſtbildung verzweigt.

1⁰ Fäden cylindriſch farblos: Cladothrix, Cohn, Streptothrix.

2⁰ Fäden cylindriſch, phycochromhaltig: Calothrix, Scytonema, Ag. u. a., nach den älteren Autoren zu den Scytonemeen, einer Unterfamilie der Phycochromaceen, gerechnet (ſ. unten).

3⁰ Fäden roſenkranzförmig: Merizomyria, Kg., Mastigocladus, Cohn.

4⁰ Fäden peitſchenförmig nach der Spitze verjüngt: Schizosiphon, Kg. (Geocyclus Kg. u. a.).

Die hier von Cohn zuſammengefaßten Algenfamilien gehören, wie ſchon in Noten mehrfach angedeutet, nach den älteren Autoren zu mehreren Familien, deren morphotiſche Züge wir unten bei Behandlung der Flechtengonidien zuſammengefaßt haben.

Wenn wir die Muſterung der Algenformen zuſammenfaſſen können: Zellenkugeln oder Zellenketten mit höchſter Anhäufung der Formkeime in der Einzelzelle, mit geſetzmäßiger Bildung in den höheren Formenkreiſen, mit der hohen Anpaſſung des terminalen Wachsthums in deutliche Segmente und Scheitelzellen, deutliche Ausbildung des Grundgewebes, Adaption an die ſelbſtändige Entfaltung (Aſſimilation), deutlicher Anſchluß nach den höheren Kryptogamen, ſo tritt uns in den Pilzen ein Formenkreis entgegen, der in den Hauptzügen von den Algen ganz abweicht. Alle Pilze ſind Paraſiten, alle adaptiven Neigungen ſind hiernach beſtimmt, die Formenerhebung iſt durchaus ohne Anſchluß an die höheren Kryptogamen. Die Adaption in der Knoſpenſcheitelrichtung nicht vorhanden. Zeigen die Algen die Neigung der Einzelzelle ſich in morphologiſch ausgeprägte, differente Theile zu gliedern, die Individualität der Zelle der Form unterzuordnen — Dauerzellen zu bilden, ſo zeigen die Pilze das entgegengeſetzte Beſtreben,

möglichſte Freiheit der Einzelzelle, größte Adaption der Einzelzelle, als ſelbſtändiger Organismus agreſſiv zu wirken, das Fehlen jeglicher Fächerung im vegetativen Körper.

Das Elementarorgan des vegetativen Körpers der Pilze iſt die Hyphe, eine an der Spitze weiterwachſende, gegliederte, zellkernloſe, chlorophyllloſe Cylinderzelle. Die Hyphe vermehrt das Lager durch Zweigbildung. Verwandtſchaft mit den Algen. Eine Colonie von ſolchen Zweigſyſtemen iſt das Mycelium.

Die Formerhebung der Hyphe trägt einen adaptiven Charakter durch die Bildung eigenthümlicher Formabweichung:

1⁰ bei der Keimung durch die Bildung von Promycelien;

2⁰ durch die Bildung von Saugzellen, welche lebende Organismen anbohren, durchwachſen (Hauſtorien);

3⁰ durch die Bildung der höchſten Formen, welche dem Mycelium entſproſſen, der Fruchtſtände der höheren Pilze, in welchen die Hyphen in viererlei vegetative Elemente differenzirt ſind: Cortical-, Medullar-, Subhymenial-, Hymenialſchicht. Die letztere bringt die Propagationszellen hervor.

Der adaptive Charakter der vegetativen Theile der Pilze tritt bedeutend gegen ihre Generation zurück, welche die größte Mannigfaltigkeit bietet, die überhaupt im Pflanzenreich vorkommt.

Die innige Verſchlingung der Pilzhyphen kann unter Umſtänden dem Gewebe den Charakter eines gefächerten Zellſyſtems geben (Pſeudoparenchym).

Zu den allermerkwürdigſten Entdeckungen der Neuzeit gehört die Erforſchung des Flechtenthallus. Die Flechten ſind gallertartige oder lederartige, unregelmäßig verzweigte oder dichotome Lager von größerer Lebensdauer, langſamerem Wuchſe, mit ähnlichen Anpaſſungen an die Unterlage, mit Haft- und Klammerapparaten, Baumrinde, aber auch die nackte Erde, das härteſte Urgeſtein, ſelbſt Metallflächen beſiedelnd.

Trägt ihr vegetativer Theil den Pilzcharakter, ſo entbehren ſie doch der paraſiten Anpaſſung, ſie ernähren ſich ſelbſtändig. Ihr Lager unterſcheidet ſich dadurch, daß zwiſchen zwei Hyphenſchichten, der Cortical- und Medullarſchicht, Colonien kugliger, chlorophyllhaltiger Zellen liegen, welche ganz den Charakter niederer Kugelalgen tragen und ſich auch nach deren Typus theilen (Gonimonſchicht).

Die Vermuthung, daß Flechten nichts Anderes ſeien als niedere Algen, welche von einem feindlichen Pilze überfallen wurden, war ſchon frühe ausgeſprochen, aber erſt in der neueren Zeit hat man dieſen Vorgang in der Keimung unterſucht und viele Thatſachen zur Beſtätigung der beſagten Anſicht aufgefunden.

Flechten ſind nach der Anſicht der neueren Forſcher, ſ. u. a. Rees, Schwendener, de Bary, demgemäß Geſellſchaften von Algen und Pilzen, die nach ſelbſtändigem, durch die Aſſociation beider bedingtem Formengeſetz wachſen. Die Pilzhyphe repräſentirt die Form, die Alge beſorgt die Aſſimilation.

Die Flechten gehören zu den merkwürdigſten adaptiven Erſcheinungen:

1⁰ deßwegen, weil die Spore, welche dem verbündeten Lager entſpringt, in ihrer Entſtehung das Gepräge des Pilzes zeigt, in dem Verlauf der Keimung aber Gonidien und Hyphen hervorbringt, mithin die Formkeime zweier Pflanzenfamilien in ſich aufnimmt;

2⁰ weil die Lebensweiſe des Pilzes durch die Verſchmelzung dahin geändert wird, daß er nun Dauerlager hervorbringt, welche Jahrzehnte, Jahrhunderte ſelbſtändig, wenn auch langſam wachſen, größere Solidität beſitzen wie die reinen, meiſt hinfälligen geſchichteten Pilzgebilde.

Zweite (combinirte) Nebenreihe: Flechten[1]).

1. Orientirung.

Nach der Anſicht der Forſcher, welche ſich mit der Entwicklungsgeſchichte der Flechten beſchäftigt haben, ſind dieſelben Colonien von Pflanzen, welche ſelbſtändig leben, in der Weiſe, daß eine Algenform die Hauptproceſſe der Aſſimilation beſorgt, während ein paraſitärer Pilz die vegetative Form

[1]) v. Flotow, Sphæropsis, eine neue deutſche Flechtengattung. 65. Bot. Ztg. 47. — E. Hampe, Ueber Lichen esculentus. 889. Bot. Ztg. 48. — H. Itzigsohn, Ueber die Antheridien und Spermatozoen der Flechten. 913. Bot. Ztg. 50. — J. v. Flotow, Ephebe pubescens. 73. Chroolepus Körberi. 76. Mikroſkopiſche Flechtenſtudien. Lichenologiſche Beiträge zur Flora Europæa. Bot. Ztg. 50. — Dr. J. Speerschneider, Zur Anatomie u. Entwicklungsgeſch. der Usnea barbata dasypoga. Fr. 193. 209. 33. Zur Anatomie u. Entwicklungsgeſch. der Parmelia Acetabulum. Fr. 481. 97. Anatomie der Hagenia ciliaris. Eſchw. 593. 609. 25. Bot. Ztg. 54. Mikroſkopiſch-anatomiſche Unterſuchung über Ramalina ciliaris Fr. und deren Varietäten fraxinea, fastigiata, canaliculata und farinacea. 345. 61. 77. Bot. Ztg. 55. — L. Cienkovsky, Die Pſeudoconidien. S. 371. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — de Bary, in Hofmeister's Handbuch d. phyſiolog. Botanik. — Prof. S. Schwendener, Ueber die Beziehungen zwiſchen Algen- und Flechtenconidien. 289. Bot. Ztg. 68. Die Algentypen der Flechtenconidien. Baſel 1869. Univ.-Buchdr. von C. Schultze. Erörterung zur Conidienfrage. S.-Ab. aus Flora 1872. Regensburg, Neubauer'ſche Buchdruckerei. — Dr. A. Famintzin u. J. Baranetzky, Zur Entwicklungsgeſch. der Gonidien- u. Zooſporenbildung der Flechten. 169. Bot. Ztg. 68. — J. Baranetzky, Beitrag zur Kenntniß des ſelbſtändigen Lebens der Flechtengonidien. 1870. Pr. Jahrb. Bd. VII. S. 1. — Georg Winter, Ueber die Gattung Sphæromphale u. Verwandte. Ein Beitrag zur Anatomie der Kruſtenflechten. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 245. 1873. — M. Treub, Lichenencultur. 721. Bot. Ztg. 73. — G. Winter, Einige vorläuf. Mittheil. über die Gattung Sordaria. 449. 465. 481. Bot. Ztg. 73. — E. Stall, Beiträge zur Entwicklungsgeſch. der Flechten. 177. Bot. Ztg. 74. — Dr. A. B. Frank, Ueber die biologiſchen Verhältniſſe des Thallus einiger Kruſtenflechten. Cohn, Beitr. Bd. 2. Heft 2. S. 123. Breslau 1876. J. U. Kern's Verlag.

vertritt und der Aufgabe der Propagation ſich unterzieht. Der Pilz hat die Alge in ſich aufgenommen, dieſe hat ſich dem Angreifer angepaßt und ihre Selbſtändigkeit zum größten Theil, aber nicht ganz, aufgegeben. Wir nennen die Reihe der Flechten daher eine combinirte Nebenreihe. Aus den groben Zügen der Entwicklung und Abſtammung läßt ſich aber mit großer Gewißheit annehmen, daß dieſe agreſſiven Pilze ſelbſt wieder degenerirte Algenabkömmlinge ſind. Nach S. 398, Bd. I dieſes Handbuchs, läßt ſich aus der Ernährungsphyſiologie zeigen, daß die Pilze verhältnißmäßig ſpät überhaupt zu dem Formenreichthum gelangen konnten, welchen ſie jetzt behaupten. Aus der nachfolgenden ſyſtematiſchen Zuſammenſtellung, ſowie aus der weiter unten folgenden Entwicklungsgeſchichte und Generation erhellt dieß:

2. System der Pilze nach de Bary mit Berücksichtigung der Artenzahl, welche im rheinischen Gebiet aufgestellt und gesammelt wurden (nach Fuckel), geordnet von den niederen nach den höheren Formen.

Zahl der Genera.	Zahl der Arten.		Bedingung der Vegetation.
		I. Phycomycetes, de Bary.	
2	53	Peronoſporei	Auf lebenden Pflanzen (Kartoffeln, Cruciferen u. a. m.).
1	1	Saprolegnei	Auf Thieren (Fliegen), Thierleichen.
6	13	Mucorini	Auf organiſchen Abfällen, zum Theil epiphyte Mycelien.
2	6	Chytridiei	Sämmtlich auf höheren Pflanzen, zum Theil auf Algen.
1	7	Protomyceti	» » » » » » » »
		II. Hypodermei.	
6	22	Uſtilagineen	Sämmtlich in höheren Pflanzen, auf dem Blatt, Stengel, in den Blüthentheilen.
15	161	Uredineen	
		III. Ascomycetes.	
117	651	Pyrenomycetes	Sämmtlich auf lebenden oder abgeſtorbenen Pflanzentheilen.
1	3	Onygenei	Erdebewohnend.
2	6	Tuberacei	
2	3	Elaphomycei	
92	417	Discomycetes	Zum großen Theil auf lebenden oder todten Pflanzentheilen.
		IV. Baſidiomycetes.	
49	282		Zum großen Theil erdebewohnend, in humoſem oder ſolchem Boden, welcher reich iſt an organiſchen Zerſetzungsproducten; zum Theil aber in lebenden Baumſtämmen.

Von 1795 Arten ſind mindeſtens 1300 Arten nur exiſtenzfähig, wenn ihre Fortpflanzungszellen lebende oder abgeſtorbene Pflanzentheile, lebende Thiere oder deren Leichen zu beſiedeln vermögen. Wir kommen ſomit zu dem Schluß, daß die Pilze ſpäte Abkömmlinge aus dem Algenſtamme ſind.

Wenn überhaupt eine Speculation auf Grund der obigen Sätze der Deſcendenzlehre berechtigt iſt, ſo iſt es dieſe: die weitaus große Mehrzahl der Pilze iſt an höhere Pflanzen (Thiere) angepaßt, derart, daß ihre Exiſtenz mit dem Verſchwinden dieſer überhaupt unmöglich wird. Von zahlreichen Pilzen iſt eine Gleichartigkeit in der Generationsfolge und geſchlechtlichen Vermehrung mit den Algen erwieſen: Pilze ſind ſpäte Deſcendenten der Algen oder ſpät durch Urzeugung entſtanden. Die Flechten ſind in der Bildung ihrer Propagationszellen identiſch mit den Ascomyceten, ebenſo in dem Bau ihres Lagers, bis auf Colonien niederer Algenzellen, welche in dem Lager wohnen und den Ascomyceten fehlen: Flechten ſind aſſociirte Colonien von niederen Algen und höheren Pilzen (Ascomyceten).

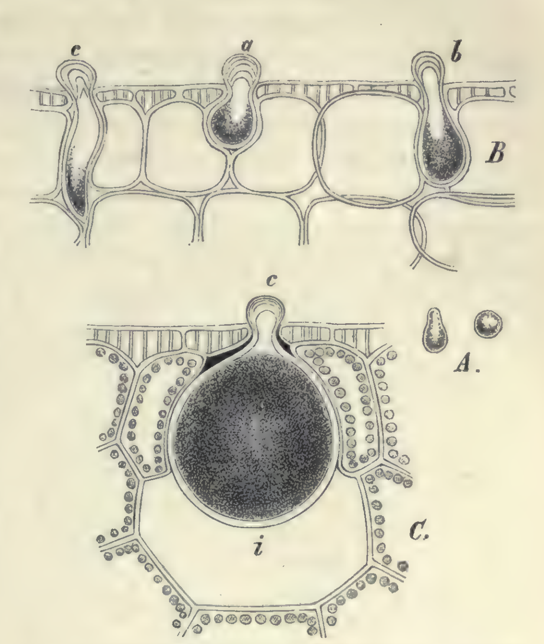


Fig. 33. Chlorochytrium lemnae. *A* Zooſpore von zwei Seiten geſehen. *B* keimende Zooſporen, welche zwiſchen zwei Membranlamellen der Epidermis eindringen. *a* die Keimſchläuche von *b* und *c* tiefer bis zu dem Intercellularraume eingedrungen. *C* ein ausgewachſenes Chlorochytrium im Intercellularraume *i*. Der Sporenknopf ragt in *c* über das Niveau der Epidermis. (F. Cohn, Biologie. Beiträge, II. Heft, Ueber paraſitiſche Algen.)

Schon oben wurde indeß darauf hingewieſen, daß die drei Kriterien: Entwicklung, fertige Form und Ernährungsverhältniſſe nicht ausreichen, oder daß mindeſtens nicht immer die gewünſchte Deckung erzielt wird, um den ſyſtematiſchen Zuſammenhang der Formen im Sinne der jetzt herrſchenden Syſtematik zu erzielen. Dieß wird am beſten durch die paraſitären Algenformen belegt, wie z. B. das von Cohn neuerdings unterſuchte Chlorochytrium Lemnae, welches mit ſeinen Zooſporen die Lemnapflanze beſiedelt, Fig. 33. Die keimende Zooſpore dringt zwiſchen die Epidermiszelle ein und wächſt dort zum Sporangium heran.

3. Lebensweise, Lichtbedürfniss, äussere Wuchsform.

Die Flechten ſind zum großen Theil zählebig, ertragen das äußerſte Austrocknen, ſchrumpfen dabei zu hornartigen unter Druck knirſchenden Maſſen, quellen beim Befruchten bei einigen Formen bis zur Gallertconſiſtenz. Sie bewohnen die Baumrinde, äußere Borkenlage, ſiedeln ſich auf Aſtſtümpfen an, auf nackter Erde, Felſen, ſelbſt Metallflächen. Außerordentlich anſpruchslos in der Anforderung an die Bodenbeſchaffenheit, inſofern Bodentiefe, der Gehalt an organiſchen Nährkörpern in Betracht kommt, ſind ſie dagegen entſchieden lichtbedürftig.

Die Flechten bilden außerordentlich dünne Ueberzüge an nacktem Geſtein, oder ſie verzweigen ſich zu dichotomiſchen größeren Lagern oder aufrechtſtehenden gabelig oder dendritiſch wachſenden kleinen Beſtänden (Sträuchern). Der Wuchs iſt außerordentlich langſam, die Ordnungszahl der Auszweigungen eine beſchränkte:

Platysma	farinacea	dendritiſch	dichotome	Strauchform	7—8	Ordnungen,
Cladonia	silvatica	»	»	»	10—11	»
»	alpestris	»	»	»	8—10	»
»	furcata	»	»	»	5—6	»
»	pyxidata	»	»	»	3—4	»
»	fimbriata	»	»	»	1—2	»
»	polydactyla	»	»	»	1—3	»
»	racemosa	»	»	»	7—8	»
»	gracilis	»	»	»	1—2	»
»	pungens	»	»	»	5—6	»
Evernia	furfuracea	»	»	»	7—9	»

4. Der Flechtenthallus[1]).

Das Elementarorgan des Flechtenthallus iſt die Hyphe. Ein engeres oder weiteres Geflecht zahlloſer Hyphen und deren Aeſte bildet das Grundgewebe des Thallus. Die allgemeinen Züge der höchſten Formen ſind dieſe: der Thallus verwebt ſich durch Spitzenwachsthum der Hyphen in Richtung des Hauptzuwachſes, neue Zellen entſtehen am Scheitel, dieſe wachſen intercalar in ihrer Längsrichtung und bilden in den Gliedern wieder ſeitliche Ausſtülpungen, neue Hyphen, welche die Lücken in der Quer- und Tiefendimenſion ſtetig ausfüllen. So wächſt das Gebilde in mannigfachen äußeren Formen: flachen Kruſten, dichotomiſchen, laubartigen oder ſtrauchartigen Gebilden. Die Hyphe iſt ſtark quellbar, mit ihren Nachbarn eng

[1]) Schwendener, in Nägeli, Beiträge für wiſſenſchaftl. Botanik, Bd. I (zwei Abhandl. in demſelben Bande). Die Studien über den Flechtenthallus gehören, was die techniſchen Aufgaben angeht, welche am Mikroſkop zu löſen ſind, wohl zu den ſchwierigſten und ſubtilſten. Eine eingehende ſyſtematiſche Ueberſicht der Einzelheiten iſt zur Zeit noch weniger möglich als bei den Algen.

verbunden in der beiderſeits, allſeitig oder nur einſeitig je nach den Gattungen ausgebildeten Corticalſchicht, locker und bei gewiſſen Formen in weiten Maſchen, welche Luft führen, in der Grenzzone zwiſchen der Cortical- und Gonimonſchicht und in dem gedachten Typus Physcia etwa, dicker, locker und gleichmäßig verwebt in dem Markſtrang (Medullarſchicht)[1]). Da wo die Hyphen eng mit einander verſchmolzen ſind, findet ſich eine gallertartige Grundſubſtanz in den Kanten, im Raum, welcher zwiſchen den ſich berührenden Hyphen befindlich iſt[2]). An der Spitze läßt ſich an dem Hyphenaſt eine Scheitelzelle, durch deren Theilung vorzugsweiſe das Wachsthum erfolgt, von den rückwärts belegenen Gliederzellen unterſcheiden. Die Glieder bilden oft beiderſeits von der Querwand ſchnallenartig verſchlungene kurze Austriebe (Usnea) oder es ſind drei- und vierſeitige Maſchen zwiſchen dieſen Trieben eingeſchloſſen (Bryopogon und Cornicularia)[3]). Die Hyphen verflechten ſich, wie ſchon angedeutet, dichter und lockerer je nach dem Orte in dem Thallus, ſie ſchneiden ſich in dieſer Verflechtung unter allen möglichen Winkeln bis zum parallelen oder radialtrajectoriſchen Verlauf. In einigen Formen der Gewebe kann die Verflechtung und die Auflockerung zu einem Gewebe führen, welches parenchymatiſch erſcheint, wie das Grundgewebe bei den höheren Pflanzen (das Pſeudoparenchym), ſtets läßt ſich dasſelbe aber in ſeiner Entwicklung auf die Verflechtung der Hyphen zurückführen.

5. Die Gonimonschicht.

Zwiſchen der Cortical- und Medullarſchicht liegen die Gonidien: Gruppen von grünen ſphäriſchen Zellen, welche nach dem Typus der niederen Algen ſich theilen. Die Typen der Gonidien ſind in der beifolgenden Tabelle zuſammengeſtellt. Man beachte dort die links verzeichneten morphotiſchen Züge der Algen, zur Rechten ſtehen die zugehörigen Flechtengattungen. In Betracht ſind zu ziehen die Chroococcaceen, Oscillarien, Rivularien, Scytonemeen, Siroſiphoneen, Nostocaceen; ferner die Chroolepideen, Conferven und Palmellaceen. In dem Flechtenthallus ſtehen die Gonidien mit den Grenzhyphen in Verband, ſie ſitzen an kurzen Ausläufern dieſer, theilen ſich dort nach den drei Richtungen des Raumes zu Drillingen, Vierlingen und zahlreichen maulbeerartig verbundenen Kugelcolonien. Dieſe ſind zwiſchen Medullar- und Corticalſchicht zerſtreut zu größeren

---

[1]) Aehnliche Structur des Geflechtes findet ſich bei den Discomyceten, z. B. Peziza, Patellaria, Genea.

[2]) Aehnliche Textur, gallertartige Verſchmelzung bei Chondrus, Fucus für die Algen.

[3]) Intercalare Sproſſungen von Zellenäſten bei Fucus vesiculosus (ſ. Reinke, Beitrag zur Kenntniß der Fucaceen, Pr. Jahrb. Bd. X).

oder kleineren Lagern. Die Gonidien wandern nach den fortwachſenden Thallusenden und neuentſtehenden Seitenzweigen, ja ſie vermögen unter Umſtänden das Lager ganz zu verlaſſen, um außerhalb desſelben an Baumwunden, Aſtabſchnitten, feuchten Wänden ein ſelbſtändiges Leben zu führen.

Die wandernden Gonidien werden an den Schnittflächen aufgeaſteter Bäume von den Mycelien der Ascomyceten gelegentlich wieder eingefangen. Auf einer ſolchen Fläche ſiedeln ſich ſehr bald Sporen dieſer Pilze an, welche keimen, einen Theil der Keimſchläuche in die geöffneten Holzfaſern ſenden; ein anderer Theil umſpinnt und tritt in directen Verband mit den in Colonien lebenden, in allen Zuſtänden der Theilung befindlichen freien Flechtengonidien, ſo entſteht der junge Flechtenthallus oder mindeſtens ein Gebilde, welches in ſeiner Structur- und Wuchsform faſt identiſch iſt mit dem wirklichen alten Flechtenthallus.

Famintzin und Baranetzky[1]) beobachteten das Austreten von Zooſporen aus den Gonidien von Physcia ciliaris. Die kugligen Gonidien dieſer Flechte theilten ſich (in geeigneter Cultur) in mehrere nackte grüne Plasmamaſſen, die ganze Colonie ſchlüpft in der Blaſe, welche der Wandſchicht des Protoplasma entſpricht, aus der Membran der Gonidie. Die beweglichen, mit zwei Cilien verſehenen Zooſporen verlaſſen ſchwärmend die Mutterblaſe.

6. Zusammenstellung der Phycochromaceen, Confervaceen, Chroolepideen, Palmellaceen mit den Gonidienformen der Flechten[2]) einerseits und den von Cohn systematisch geordneten Schizophyten andererseits.

Algen.	Flechten.
Phycochromaceen. I. Chroococcaceen, einzellige Algen, welche ſich theilen in Ketten oder in Kugelquadranten. Der plasmatiſche Zellinhalt iſt ſpangrün gefärbt, ohne geformte Farbekörper. Die Zellen bilden Colonien in einer mehr oder weniger feſten Schleimmaſſe. Die Wand der Zellen iſt häufig gequollen und geſchichtet. Die Theilungen ſind in den Colonien häufig kenntlich an den Schichtenconvoluten, welche ineinander geſchachtelt ſind. Die Theilungen geſchehen nach den drei Richtungen des Raumes:	Hierher ſind alle Flechten mit geſchichtetem Thallus zu rechnen, deren Gonimonſchicht aus Colonien von kugligen Gonidien beſteht. Es kommen als Gonidienbildner namentlich die Glœocapſen, Chroococcus in Betracht. Die Flechtengattungen, an welchen das Eindringen von Mycelien in Glœocapſen beobachtet, ſind: Omphalaria und Enchylium, für Chroococcus ſtimmt vorzugsweiſe die Flechtengattung Phylliscium.

[1]) *Changement des gonides en zoospores. Ann. d. scienc. Bd. 8. Sér. V.*

[2]) Schwendener zieht aber außer den amphibiſch oder nur die Erde bewohnenden Phycochromaceen noch einige Conferven, Chroolepideen und Palmellaceen als Gonidienbildner für die Flechten herein. S. Näheres a. a. O., S. 35 ff.

1⁰ Chroococcus, Zellen einzeln oder in Viertheilung, in kleinen Familien im Waſſer.

2⁰ Glœocapsa, Zellen zu zwei und mehr und einzeln mit geſchichteten Convoluten in formloſen Gallertmaſſen.

3⁰ Aphanocapsa, in formloſen Gallertmaſſen, die Schichtenconvolute nicht kenntlich.

4⁰ Microcystis, zahlreiche Zellen in Gallertkugeln, viele ſolcher Kugeln in Colonien vereinigt.

II. Die Oscillarieen ſind unverzweigte Cylinderfäden mit engen Gliedern. Die Cylinderfäden ſind gerade oder krummlinig oder ſchraubig gewunden. Ausgezeichnet ſind ſie durch ihre Bewegung, deren Theorie bis jetzt nicht bekannt iſt. Die Fäden gleiten aneinander vorbei, hin und her, oder beſchreiben ſchraubenlinige Bahnen. Auffällige Formen ſind: Spirulina, ſpiralig gewundene Fäden, Hypheotrix Oscillaria, Cylinderfäden, das Pigment in den Zellen an der Cylinderwand abgelagert. Zu auffälligen hiſtologiſchen Zügen gehört die Ausbildung von Scheiden, in welchen ein einziger Cylinderfaden (Lyngbya Symploca) oder ſelbſt mehrere ſolcher (Chthonoplastus) enthalten ſind. Das Pigment (Phycochrom) iſt ſchmutziggrün oder metallgrün, ſpangrün. Die Oscillarieen leben geſellig in ſtagnirenden und fließenden Waſſern; in flache Gefäße ausgebreitet, kriechen ſie nach dem Rand und bilden einen dünnen Fadenüberzug.

Die vegetative Vermehrung geſchieht, indem ſich Zellengruppen aus dem Faden löſen, wobei eine hyaline Cylinderhülle zurückbleibt. Schüttelt man Phormidiumfäden in Waſſer, bis die Fäden in ganz feine Bruchſtücke zerbrochen ſind, gießt den ſo erhaltenen Schlamm in flache Gefäße, ſo entſtehen ſchon nach wenig Tagen große Raſen von neuen Pflanzen. Bildung von Makro- und Mikrogonidien, ſ. Anm. unter Schizophytae.

III. Rivularien. Der vegetative Körper iſt eine unverzweigte Zellenkette, welche von der Wurzelſtelle allmählich ſich verjüngt bis zu peitſchenartigen Endzellen. Die Baſalzellen elliptiſch. Nach der Spitze der Fäden quillt die hyaline Membran zu geſchichteten Gallerthüllen. Sporenzellen mit derber Membran entſtehen aus den baſilaren vegetativen

Flechtengonidien nicht bekannt, ſämmtliche Formen von Cohn zu den Schizophyten geſtellt (ſ. oben S. 67); zu den ſymbiotiſchen Vorgängen gehört das Beſiedeln der luftführenden Intercellularräume vieler Waſſerpflanzen, ſo namentlich Lemna durch Oscillarien, dieſelben dringen auch in die Marchantienlager durch die Spaltöffnung, in die Schläuche der Utricularien u. a. m.

Hierher rechnet Schwendener die Flechtengattungen: Thamnidium, Lichina und Racoblenna.

Die zugehörigen Algentypen ſind auf Maſtigothrix und Amphitrix für die Flechte Thamnidium zu beziehen, der Thallus dieſer Flechte wird faſt von den Rivularien beherrſcht, es finden ſich dort

Zellchen. In Colonien und Raſen, in Pfützen, auf Steinen, Mauern, Rinde der Bäume u. ſ. f. Gloiotricha, Rivularia, Limnactis, Dasyactis, Mastigothrix, Schizosiphon, Amphithrix.

IV. Scytonemeen und Sirosiphonaceen. Dieſe Algen bilden Cylinderketten von Zellen, welche in eine mehr oder weniger erhärtete Gallertröhre eingeſchloſſen ſind; von hervorragendem hiſtologiſchem Intereſſe ſind dieſe Gallerthüllen bei Arthrosiphon, von jeder der Gliederzellen löſen ſich geſchichtete Gallerthüllen als nach der baſiſcopen Wand verengte Trichter. Die Scytonemeen wachſen durch wiederholte Theilung der Zellen und bilden Scheinäſte; dieſe entſtehen, indem ein Theil des Fadens, welcher von dem andern durch ein ruhendes Zellenglied getrennt iſt, ſich loslöſt und nach außen ſchiebt, ſo entſtehen knieförmig gebogene, von der Hauptwachsthumsrichtung abweichende Zweiglein, welche bei einigen Gattungen zu einem Lager verklebt bleiben. Propagationszellen bilden ſich durch Theilung der vegetativen Zellen, ſie liegen in einer oder mehreren Reihen perlſchnurartig und erhalten eine derbe Membran, ſo bei Sirosiphon, Hapalosiphon, Drilosiphon, Scytonema, Arthrosiphon, Tolypothrix, Symphyosiphon, Schizothrix. Die Scytonemeen beſiedeln naſſe Wände an Treibhäuſern, in ſtagnirendem Waſſer ſelten ſchwimmend oder fluthend, feuchten Heideboden u. a. m.

V. Nostocaceen, Schleimalgen, dieſe Pflanzen ſind auf feuchter Erde, im Walde und auf Hut- und Culturflächen allgemein verbreitete Algen. Sie ſtellen kleine ſphäriſche oder bis 5—10 cm große lappige, unregelmäßig geſtaltete Gallertmaſſen von ſchmutziggrüner Farbe dar. Die Farbe iſt an die Gonidienzellen, homogen im Plasma verteilt, gebunden. Die Gonidien liegen in Zellenketten, die Einzelzellen ſind kugelig, perlſchnurartig aneinander gereihet. Die Ketten ſind immer in großen Abſtänden, indeß mannigfach ineinander verſchlungen. Im mikroſkopiſchen Durchſchnitt erſcheint die Gallerthülle ſtructurlos ohne Schichten und Streifen, die Vermehrung der Gonidien geſchieht durch Theilung. Die Propagation wird durch ruhende Sporen vermittelt, welche größer als die auch die gebräunten Gallertſcheiden. Für Racoblenna ſind die Gonidien auf Schizosiphon und Scytonema zu beziehen.

Die Flechtengattungen, welche auf Scytonemagonidien zurückgeführt werden, ſind: Heppia, Porocyphus.

Hierher rechnet Schwendener Collema, Lempholemma, Leptogium Pannaria. Die Gonidienformen ſind bei den Flechten der Gattung Collema identiſch mit den Noſtocgonidien, ſo daß ein mikroſkopiſcher Unterſchied nicht erweislich iſt. Flechtengonidien können nur ſolche Noſtocaceen werden, welche auf feuchter Erde, an Felſen u. ſ. f. leben, dem Pilz überhaupt zugänglich ſind. Alle im Waſſer lebenden Formen dieſer Algen, wie Anabæna, Spermosira, Sphæroziga ſind gegen die Pilzeindringlinge geſchützt. Schwendener weiſt ſchon durch Beobachtungen vom Jahre 1869 (veröffentlicht) nach, daß die Noſtoccolonien durch das Eindringen von Pilzhyphen in Collemalager verwandelt werden. Rees veröffent-

vegetativen Zellen aus dieſen entſtanden ſind. Die Noſtocpflanzen werden außerdem gelegentlich von Ascomyceten angebohrt, das Mycel dieſer Pilze durchwuchert die Schleimmaſſe und bringt gelegentlich auch die Ascoſporenlager hervor:

Nostoc, Cylindrospermum, Hormosiphon, Sphæroziga, Anabæna.

licht eine genaue Entwicklungsgeſchichte der Keimung von Collemaſporen, welche auf Noſtoc ausgeſät waren. (Ueber die Entſtehung der Flechte Collema glaucescens Hoffm., aus dem Monatsber. d. Königl. Ak. d. Wiſſ. Berlin. Okt. 1870.) Die auf Noſtoc ausgeſäten mehrzelligen Collemaſporen keimen unter geeigneten Umſtänden. Der Keimſchlauch einer der Sporenzellen bohrt ſich in die Gallerthülle, verzweigt ſich unmittelbar an der Stelle, wo er eingedrungen iſt, zu einem Hyphenbüſchel, deſſen Zweige zwiſchen den Gonidienketten des Noſtoc hinwuchern. Die anderen Sporenzellen bilden Hyphenäſte, welche die Colonie von außen einhüllen. Die Noſtoccolonie erhält endlich ganz die Beſchaffenheit des Collemathallus, es wachſen Wurzelfäden aus dem Hyphengeflecht, welche den Thallus an der Unterlage befeſtigen. Genau dieſelben Vorgänge beobachtete Rees an Noſtoccolonien, welche im Freien in der Nähe der Collemalager wuchſen.

7. Verzweigung des Flechtenthallus.

Hier ſind zu unterſcheiden die wahren Dichotomien oder Gabelungen in der Spitze des Thalluszweiges von den Seitenzweiglein, welche aus der Gonimonſchicht in adventiver Weiſe hervorſproſſen, Soredialäſte und endlich die Adventiväſte, welche aus der Rindenſchicht entſpringen. Bei der Dichotomie ſcheiteln ſich die Zuwachshyphen nach zwei unter ſpitzem Winkel divergirenden Richtungen in dem Maß wie der Zuwachs erfolgt. Bei der weiteren Differenzirung erſcheinen alle Gewebe gabelig getheilt bis zu den Medullarſträngen [1]). Beide Zweige wachſen nun durch Spitzenwachsthum weiter. Die Soredien entſtehen als kleine Schuppen in der Gonimonſchicht. Die Faſern weben dort eine Colonie der Gonidien ein. Die ganze Sproſſung durchbricht die Corticalſchicht als ein kleines Thallusſchüppchen.

Die Soredien werden als ſtaubige oder ſchuppige Maſſe am Thallusrand abgeſchieden. Das Soredium kann im einfachſten Falle aus einer einzigen Conidienzelle, welche in vermehrungsfähige Hyphen gehüllt iſt, beſtehen. Die Soredien können zu ſelbſtändigen Thalluspflanzen heranwachſen, entſprechen ſomit vegetativen Vermehrungsorganen. In der Natur

[1]) Die Einzelheiten bei den verſchiedenen Gattungen ſind in der Syſtematik der Flechten abzuhandeln, ſ. Schwendener a. a. O. S. 134 ff.

geſchieht die Verpflanzung der Flechten jedenfalls häufiger durch das Verwehen und Anfliegen der Soredien als durch die Keimung der Sporen.

Die Soredialäſte entſtehen dadurch, daß nachdem die Rinde des erzeugenden Aſtes durchbrochen iſt, die Hyphen des Soredium mit dem erzeugenden Aſte nachträglich verſchmelzen, von den Medullarfaſern des Soredium ſelbſt wird ein Büſchel ſolcher in das Mark des tragenden Aſtes geſandt, welches dort ſtrahlig verläuft. Der Soredialaſt iſt gewiſſermaßen eine Brutknoſpe, welche zuerſt ausgeſtoßen wird, nachträglich aber auf dem ſie erzeugenden Thallus gelegentlich wurzelt.

Die Adventiväſte endlich entſtehen weit unter der Thallusſpitze, indem ſowohl die Cortical- als auch die Gonimonſchicht in den Sproß formbildend eintreten. Der Adventivaſt ſteht aber mindeſtens im Beginn der Sproſſung außer Zuſammenhang mit dem Medullargewebe des tragenden Sproſſes.

8. Sporenbildung (das Apothecium).

Bei der Bildung der Sporenlager (Apothecien) kommt in morphotiſcher Hinſicht der Pilz (in der Flechte) zum vollen Ausdruck. Das Apothecium iſt eine dem Thallus entſpringende tellerförmige Knoſpe. In der jüngſten Anlage halbkugelig entſpringt das Apothecium unter der Rindenſchicht und differenzirt ſich zuletzt ſo, daß die Ränder des Tellerchens (Discus) ſich nach außen umſchlagen. In der Tellerfläche ſtehen die Asci, keulen- oder cylinderförmige Schläuche, welche einem engen unterliegenden Hyphengeflecht entſproſſen. Bei einem Durchſchnitt ſenkrecht zur Ebene des Discus findet man unter der Schicht der Asci das Medullargewebe, welches bis zum Rand des Tellers ſich erſtreckt; dieſer beſteht aus den engeren Rindenhyphen, zwiſchen beiden und je nach den Gattungen in dem Medullargewebe des Apothecium liegen die Gonimongruppen. Im Ascus entſtehen die Sporen zu vier oder acht durch freie Zellbildung. Die Sporen ſind ein- und mehrzellig, werden zur Zeit der Reife durch die Quellung an der Spitze des Ascus ausgeſtoßen[1]). Neben den Ascis finden ſich gegliederte, mit denſelben parallel ſtehende Zellenfäden, die Apophyſen.

In der Syſtematik der Flechten kommen die äußeren Verhältniſſe der Lagerung des Thallus, ſeine Textur, Verzweigung, Lebensweiſe, aber auch

[1]) Dieſes Ausſtoßen der Sporen durch plötzliche Quellung der Membran des Ascus wurde auch bei den Ascomyceten beobachtet. Bei Sphæria scirpi verläuft das Phänomen ſogar rhythmiſch. Durch die Quellung wird eine Spore in die Mündung des Ascus gebracht und durch den ſteigenden Quellungsdruck plötzlich hinausgeſtoßen, die Oeffnung ſchließt ſich um ein Kleines, der Druck wächſt wieder, eine zweite Spore wird gegen die elaſtiſche Mündung gepreßt und hinausgeſtoßen u. ſ. f., bis alle acht Sporen entlaſſen ſind. Pringsh. Jahrb. Bd. I.

die innere Gliederung, (nach den Unterfuchungen SCHWENDENER's in der neuen Zeit) die Befchaffenheit der Apothecien und Sporen gleichmäßig in Betracht[1]). Legen wir die ftreng wiffenfchaftliche Unterfuchung SCHWENDENER's mit Bezugnahme auf die Zufammenftellung der Flechtengonidien oben zu Grunde, fo erhalten wir in dem Folgenden die Hauptzüge der Gruppen. Eine vollftändig abgefchloffene Keimungs- und Entwicklungsgefchichte ift bis jetzt nicht vorhanden, wiewohl die erften Keimphafen der Sporen bekannt find. Die Sporen keimen mit einem oder mehreren Keimfchläuchen, deren Pilzcharakter unzweifelhaft ift. An Flechtenanflügen auf glatten Baumrinden der Graphideen ift der Thallus zuerft frei von Gonidien.

9. Systematische Uebersicht.

I. Untere Stufe: Gallertflechten[2]).
Lichenes homœomerici.

Das Lager eine homogene Gallertmaffe ähnlich dem Noftocaceenlager (f. oben S. 76).

Ephebaceen, diefe intereffantefte Flechtenfamilie zerfällt in zwei Unterfamilien (SCHWENDENER a. a. O. S. 152): die Ephebeen und Cœnogonien. Der gemeinfame Zug ift: die Spitze befteht aus einer einzigen Conidienreihe, welche von Fafern umfchloffen ift. Die Gonidienreihe wächft durch felbftändige Theilung ihrer Scheitelzelle.

Ephebeen, älterer Thallus, ein interftitienlofes Gewebe mit eingebetteten Gonidien in rundlichen Gruppen. Haardünne Thallusfafern. Der Thallus ift rindenlos, die Gonidien vorzugsweife im peripheren Theil.

Ephebe ift angiocarp an Felfen im Hochgebirg, Spilonema, Gonionema find gymnocarp.

Cœnogonium, der Thallus befteht während feiner ganzen Dauer aus einer einzigen confervenartigen Gonidienreihe, welche von Flechtenhyphen umfponnen ift. Der Thallus ift zu einem lockeren fächerförmigen Filzgewebe verwebt, Cœnogonium.

Collemaceen, diefe fogenannten Gallertflechten haben directen Anfchluß an die Algen Noftocaceen (f. oben S. 76), SCHWENDENER theilt die hierher gehörigen Formen in drei Unterfamilien. Allen gemeinfam ift die gallertige Grundfubftanz des Thallus, in welcher die Zellen meift mit kaum wahrnehmbaren Membrancontouren verfchmolzen find. Die Gonidien in vielgliedrigen, um die Mittelebene gleichmäßig vertheilten Zellenketten, rofenkranzförmig.

1⁰ Leptogieen, Thallus beiderfeits berindet, Rinde parenchymatifch, Gonidien mit Grenzzellen. Gymnocarpe Formen: Leptogium, Thallus unterfeits platt; Mallotium, Thallus unterfeits filzig.

---

[1]) Die Aufgabe auf noch feinere Einzelheiten der Gattung einzugehen liegt jenfeits des hier umfteckten Gebietes.

[2]) Eine Stufe tiefer noch ftehen die Flechtenformen Cystocoleus und Cœnogonium; die ganze Pflanze diefer Gattungen befteht aus confervenartigen gegliederten Fäden, welche ganz in dem Sinne der Cladophoren wachfen, aber von einer Hülle von Hyphen umzogen find. Wachfen die Cladophoren an der Spitze weiter, fo werden fie jeweilig weiter von den Hyphen eingefponnen. VI. Typus der Flechtengonidien, SCHWENDENER a. a. O. 35. DE BARY, Morph. d. Pilze, Flechten u. f. f. S. 270. Die zwei Formen gehören zu den Lich. homœomerici der Syftematiker.

2° Collemeen, Thallus vollſtändig rindenlos, Gonidienketten mit Grenzzellen; Collema, Synechoblaſtus.

3° Arnoldieen, Thallus wie vorher, Gonidien mit Copulationszellen, bisweilen auch mit Grenzzellen; Arnoldia, Lempholemma.

4° Omphalarieen, Thallus beiderſeits rindenlos, Gonidien in ſphäriſchen Gruppen mit dichotomiſch verzweigten Stielen, ſonſt wie bei den Collemeen. Gymnocarpe: Omphalaria, Enchylium; angiocarpe: Phylliscum.

II. Uebergangsſtufe nach dem geſchichteten Thallus.

Pannariaceen, dieſe Kruſtenflechten bilden einen ſchuppigen Thallus mit flachen Dichotomien. Die einzelnen Auszweigungen wenige Millimeter bis Centimeter groß, der Unterlage, Rinde, Erde dicht anliegend mit dachiger Deckung der Thalluszweige. Apothecie über dem Lager, vom Thallusrand eingefaßt, braun bis 4 mm im Scheibendurchmeſſer, acht einzellige Sporen im Ascus. Die anatomiſche Unterſuchung zeigt die laubartigen Lager allſeitig umrindet. Bei den kruſtenartigen durchgehends interſtitienlos. Gonidien blaugrün, öfters in ſcheinbaren Ketten gruppirt. Sie bilden auf der Lichtſeite des Thallus eine breite, meiſt weit über die Mittellinie vorſpringende Zone. Unterſeite des Lagers mit oder ohne Hypothallus, je nach den Gattungen: Pannaria, Micaræa, Lecothecium, Racoblenna, Pterigium, Heppia, Lichina (ſ. oben Zuſammenſtellung der Phycochromaceen und Flechtengonidien).

Für die erſten fünf Gattungen iſt zu beachten, daß ſie gymnocarp mit laub- oder kruſtenartigem Thallus verſehen ſind. Zu den angiocarpen gehört Lichina. Die vorſtehende Gruppe bildet den Uebergang von den Gallertflechten nach der oberen Formſtufe.

III. Obere Stufe: geſchichteter Thallus.

Lichenes heteromerici. Lichenes gymnocarpi.

Placodieen, Thallus kruſtenartig, dicht anliegend an Steinen, Rinden, Unterſeite des Lagers mit ſchwammigem Hypothallus. Obere Rinde kurzzellig fibrös, untere Rinde entweder wie die obere, oder aus einem verworrenen Faſergeflecht von geringer Dicke beſtehend, welches ſich nicht deutlich vom Marke abhebt. Gonidien gelbgrün.

Placodium (Psoroma, Asci mit acht Sporen), Asci acht- bis vielſporig.

Lichenes angiocarpi.

Endocarpeen, Ordn. VI. (Thallopsora, Lich. angiocarpi), die Blätter des Thallus decken ſich. Thallus beiderſeits berindet, ein- oder mehrblätterig, flach, unterſeits mit einer Haftſcheibe feſtſitzend. Hypothallus fehlt. Gonidien gelbgrün, ſelten blaugrün. Apothecien tief im Thallus eingeſenkt, nach der Atmoſphäre durch einen Porus geöffnet, erſcheinen als ſchwarze Punkte, welche von den hier häufig vorkommenden Spermogonien nicht unterſchieden werden können.

Endocarpon, Thallus laubartig, Rinde parenchymatiſch mit ſenkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen. Sporen einzellig.

Endopyrenium, Thallus oben und unten berindet, unterſeits filzig, kruſtenartig, ohne Haftſcheibe. Gonidien gelbgrün.

Endopyrenium, Catopyrenium, obere Rinde parenchymatiſch mit ſenkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen, untere Rinde parenchymatiſch oder fibrös, Mark zuweilen parenchymatiſch.

Placidium, Lenormandia, obere Rinde parenchymatiſch, ohne ausgeſprochene Reihenbildung, farblos. Untere Rinde nur ſtellenweiſe entwickelt und dann fibrös, mit engen Zellhöhlen und vorwiegend longitudinalem Faſerverlauf.

Lichenes gymnocarpi.

Umbilicarieen, Thallus in kreisförmigen flachen Scheiben mit concaven Höhlen von der Textur verkohlter organischer Massen, brüchig, mit undeutlichen Dichotomieen am Rande, oben und unten berindet, mit einer Haftscheibe festsitzend, unterseits nackt oder mit Haftfasern. Gonidien gelbgrün. Apothecien schüsselförmig. Asci 1—2sporig, bei Gyrophora 6—8 Sporen. Umbilicaria, Gyrophora.

Parmeliaceen, dichte, breitlappige, unregelmäßig dichotome Lager, welche mehrschichtig sind, oft breitstrahlig dichotom und gewimpert. Der Thallus allseitig berindet, auf der unteren Seite mit einzelnen Fasern, Hypothallus, oder mit soliden Fasersträngen (Haftfasern). Auf Rinden und der nackten Erde, an Bretterwänden. Apothecien über dem Lager flach vom Thallus berandet. Gonidien gelbgrün, Lager unten mit Haftfasern.

Xanthoria 8 zweizellige Sporen, Physcia ebenso Parmelia Asci 2—4 Sporen und solche mit 8 Sporen.

Sticteen, flacher unregelmäßig lappiger großer Thallus, Durchmesser der flachen Lappen 3—4 cm, Durchmesser des Lagers bis 1/3 m, bei einigen mit netzartig configurirten Vorsprüngen, innerhalb deren Maschen der Thallus concav gewölbt ist (Cyphellen), Thallus allseitig berindet, Unterseite mit Haftfasern, Gonidien blaugrün oder gelbgrün. (Stictina, Gonidien blaugrün in Gruppen mit gemeinsamer Hülle. Ricasolia, Gonidien gelbgrün, kuglig ohne gemeinsame Hülle.)

Sticta, Rindenschicht parenchymatisch oder fibrös, Lagerunterseite mit Cyphellen oder weißen Flecken, Sporen 2—4zellig, spindelförmig zu acht in einem Ascus.

Nephroma, anatomisch im Thallus nicht von Sticta unterschieden.

Peltigeraceen (Peltideaceen), flach oder muschelförmig, im trockenen Zustande knirschende Lager, Apothecien anfänglich geschlossen, schildförmig, später geöffnet an den Enden der Thalluslappen, wachsen an der Erde, an Rinden, Strohdächern u. s. f. Die anatomische Structur zeigt den Thallus nur auf der oberen Seite berindet, Lagerunterseite mit lockern Faserbündeln, Gonidien blaugrün.

Solorina, Rinde parenchymatisch mit senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Zellreihen, unterseits ist sie in den blasigen Auftreibungen unterbrochen, die Unterseite ist aber da, wo die Apothecien auf dem Thallus zerstreut sitzen, berindet. Die Asci enthalten vier und acht zweizellige Sporen.

Peltigera, Thallus lappig, lederig, häufig horizontal ausgebreitet, mit aufstrebenden Lappen, Rinde des Thallus parenchymatisch, Gonidien nur auf der oberen Seite des Markes, Unterseite unberindet, Apothecien schildförmig an den Thallusenden 2—8 mm im Durchmesser, tiefbraun, Sporen vierzellig, Kette spindelig.

Podetiopsorae.

Die Podetien sind 3—4 cm große senkrecht zum Lager und meist in die Lothlinie orientirte hohle oder solide Thalluszweige von Cylinderform, dichotomisch unregelmäßig verzweigt, oder tütenförmig. Sie tragen die angiocarpen Apothecien.

Lichenes angiocarpi.

Sphærophoreen, Thallus stielrund, jüngere Rinde aus Fasern, welche senkrecht zur Thallusfläche verlaufen, zusammengesetzt. Mark dichtfilzig ohne solide Stränge, mit vorherrschend longitudinalem Faserverlauf, acht einzellige Sporen. Roccella, Thamniola.

Lichenes gymnocarpi.

Cladoniaceen, diese Flechten bilden einen flächenförmigen Thallus (Protothallus), von welchem aus sich cylindrische, vielfach verzweigte, meist in's Loth orientirte Thallus-

ſtämme (Podetien) erheben, welche zum Theil im Inneren hohl, zum Theil ſolid ſind, ſich an den Enden ſchüſſel- oder tütenartig oder dichotomiſch verbreitern, ſie tragen die eingeſenkten Apothecien, welche meiſt durch auffällige Pigmente (gelb, roth) kenntlich ſind, Sporen zwei- bis vier-, vielzellig (di-, tetra-, pleioblaſtiſch). Stereocaulon, Cladonia (Lichina).

Faſern verworren, verflochten oder in vorherrſchend orthogonal trajectoriſchem Verlauf gegen die Oberfläche.

Ramalineen, Sphærophoreen, Cladoniaceen.

Ramalineen (Aſtflechten), wachſen in dichotomiſch verzweigten, dichten oder lockeren Raſen von großem, bis 10 cm ſtarkem Durchmeſſer.

Cetraria, Thallus kantig, rundlich oder laubartig, Mark locker, Rinde aus unregelmäßig verfilzten Faſern zuſammengeſetzt, Apothecien ſitzend, flach, kreisförmig, 8 Sporen einzellig, Spermogonien in den Adventiväſten. Ramalina, Bryopogon.

Faſern der Thallusenden unter ſich und mit der Thallusaxe parallel.

Usneaceen.

Usneaceen, Usnea, Hoffm., Wuchsform bis fußlange Thallusfäden reichlich verzweigt. Bei Usnea 3—4 mm breite, ſitzende oder kurz geſtielte, end- oder ſeitenſtändige Apothecien, der Thallus ſtielrund. Rinde in der Nähe der Spitze parallelfaſerig, weiter unten ein unregelmäßiges Filzgewebe, Markfaſerverlauf vorzugsweiſe parallellinig, Soredialäſte vorhanden. Im Ascus 8 einzellige Sporen, etwa 4 Species. Auf der Borke der Bäume Cornicularia, Ach., Thallus ſtielrund, Rinde parallelfaſerig, Mark lockerfilzig.

In dichten braunen Raſen wenige Centimeter hoch auf dem Boden, an Waldbäumen, feuchten Holzwänden u. a. m. Bryopogon.

IV. Flechten mit zum Theil endophytem Thallus.
(Gonidientypus der Chroolepideen[1]) und Palmellaceen.)

Nach dem Syſtem der Lichenologen ſind die von Schwendener und de Bary hiehergezogenen Flechtenfamilien (nämlich Graphideen, Verrucarieen und Roccella) in dieſer Weiſe unterzuordnen:

I. Hauptgruppe: Lichenes anomali, Ordo II, Phycosporae, Gymnocarpi, Fam. Arthonieen, Opegrapheen (Graphideen).

II. Hauptgruppe: Lichenes heteromerici (ſ. oben S. 80), Ordo Cryoſporae, Angiocarpi: Verrucaria.

Die Gonidien dieſer Flechten werden zurückgeführt auf Chroolepusarten, Algen, welche feuchte Mauern, Baumrinde, Aſtſtümpfe u. dergl. m. beſiedeln. Die Gonidienform iſt charakteriſtiſch durch die mehr oder weniger regelmäßigen Cylinderketten chlorophyllführender Zellen, welche mit der Scheitelzelle wachſen, gelegentlich aus den tonnenförmigen angeſchwollenen Gliedern Seitenzweige bilden. Beobachtet ſind dieſe bei den ſtein- und rindebewohnenden Graphis- und Arthoniaarten, auch bei Opegrapha.

An den Standorten der genannten Flechten findet man alle Zuſtände der Verbindung mit den Hyphen und auch freie Gonidien. de Bary beobachtete ſchon chroolepusartige Zellketten mit einem ſphäriſchen, gelben oder braunen Pigmentkörper in jeder Zelle. Die rindebewohnenden Opegrapheen (Graphideen) ſpinnen ihren Thallus ſowohl auf der Außen-

---

[1]) Iſt der Typus VII nach Schwendener a. a. O. S. 36. Zur Literatur ſ. de Bary a. a. O. S. 260, Frank, Ueber die biologiſchen Verhältniſſe einiger Kruſtenflechten, Cohn, Beiträge II, S. 123 ff.

ſeite als auch unter den erſten Peridermlagen. Der Thallus, oder richtiger das Hyphengeflecht, von welchem aus die Apothecien entſpringen, iſt aber immer unter den äußeren Peridermlagen ein unterrindiger (Th. hypophlœodes), die Apothecien durchbrechen dieſe und erſcheinen als zierliche Vorſprünge von minimaler Erhebung und ſchwarzer oder tiefbrauner Farbe, bei Graphis scripta in zierlichen 2—3 mm langen bis 1/3 mm breiten Schriftzügen, bei Arthonia als kleine mehr oder weniger regelmäßige, ſchmale Streifen. Zahlloſe ſolche Streifen ſtehen in Diſtanzen von 1—3 mm. Für die genannten Rindebewohner kommen die Peridermen der Eiche, Eſche, Buche, Hainbuche, der Fichte und Kiefern, letztere nur vor der Borkebildung, in Betracht. Der Thallus lockert ſelbſt das Periderm mit einer Dicke von 3—4 Zellenlagen zu ſchuppenförmigen Lappen auf, bei Opegrapha dendritica.

Mit Sicherheit iſt erwieſen, daß die Hyphen, welche dem Graphis-, Arthonialager angehören, die Wände des Periderm durchbohren, alſo reſorbirend wirken, wie das Mycel der endophyten Pilze.

Bei Arthonia vulgaris, Schær, entſteht das Lager auf Eſchen und glatten Eichenrinden zuerſt ohne die Gonidien, es breitet ſich flach und dicht anliegend aus. Es dringen auch Hyphenäſte in das Periderma. Erſt ſpäter und lange nachdem der Thallus ſeine charakteriſtiſche Form erlangt hat, treten die Gonidien auf. Es unterliegt hier kaum einem Zweifel, daß dieſelben ſpäter anfliegen, oder als Zooſporen in einer dünnen Waſſerſchicht von dem Standort der Algen (Chroolepus umbrinum) nach dem Hyphengeflecht gelangen um dort eingeſchloſſen zu werden. Die Hyphen treten in Verbindung mit den Gonidien, dringen auch in das Periderm, ſoweit das Hyphengeflecht dort fortſchreitet.

Die Gonidien und Hyphen wachſen und vergrößern das unterrindige Lager (Frank, a. a. O. S. 45). Arthonia epipaſta, Kbr., auf Baumrinde, entbehrt für das ganze Leben der Gonidien.

Die eleganteſte Graphidee, Graphis scripta, hat einen ähnlichen Entwicklungsgang wie Arthonia, ſie ſiedelt ſich in kleinen Lagern an, welche in centrifugaler Richtung zu kreisförmigen Kruſten auswachſen, am Rande in das Periderm eindringen. Auch hier fehlen im Beginn die Gonidien. Der Schriftzug der Schriftflechte beſteht aus den Apothecien, welche das Periderm und den Thallus durchbrochen haben. In der flachen Kruſte treten im Centrum zuerſt die Apothecien auf und vermehren ſich in der Richtung nach dem Rande hin.

Im Anſchluß an dieſe Entwicklungsgeſchichte unterſucht Frank die Alge Chroolepus in einzelnen Zügen: die vegetativen Chroolepuspflanzen dringen mit einzelnen Gliederzellen in das Periderma. Die Chroolepusgonidien verlaſſen zuweilen die alternden Graphideenlager und ſiedeln ſich außerhalb derſelben an, ſie werden als rothbraune Staubmaſſen verweht.

Die Verhältniſſe des Zuſammenlebens niederer Algen und Pilzformen hatte ich Gelegenheit zu ſtudiren, als es darauf ankam eine große Reihe von Wunden, welche an Buchen und Eichen durch Aſtabſchnitte entſtanden waren, abzumuſtern. An ſolchen mit der Säge hergeſtellten Wunden ſiedeln ſich ſehr bald in Colonien oder in gleichmäßigen Ueberzügen Algen (Gonidien) und Pilze an. Sehr häufig leben dieſe lange Zeit geſondert in Diſtanzen von mehreren Centimetern auf demſelben Aſtſtumpf, zwiſchen den getrennten reinen Colonien niederer Algen und Pilze findet man aber alle Formen der gegenſeitigen Anpaſſung und des Zuſammenlebens. Bis zur Bildung geformter epiphyter Thallusmaſſen, welche in dem Holze wurzeln und unzweideutig aus der Verſchmelzung der Gonidien und Pilzhyphen entſtanden ſind, vergehen mehrere Jahre.

Die Aſtwunden, an welchen ich ſolche Thallusformen differenzirt beobachtete, waren zwei Jahre vor der Abmuſterung hergeſtellt. Die Lebensweiſe der holz- und rinde-

bewohnenden Flechten hat, sowohl in der Art der Besiedelung als auch in der Form wie die Hyphen in den Wirth eindringen, Anschluß an die Pyrenomycetes: Ustulina, Hypoxylon u. a. m.

Ich fand die Chroolepusfäden in voller Vegetation, aber erst im jungen Anflug und ohne Hyphengeflecht. Außer diesen waren auf derselben Astwunde zahlreiche Gonidiengruppen mit Kugelgonidien zum Theil in Theilung, zum Theil isolirt in Hyphen eingesponnen und frei, und die jungen bereits in Medullar- und Corticalschicht differenzirten Flechten.

Es ist daher kein Zweifel, daß Flechtenanflüge entstehen, sowohl indem zwei Colonien von Algen und Pilzen sich entgegenrücken, als auch dadurch, daß der Ascomycet die Algencolonie umspinnt, als endlich auch dadurch, daß die Alge in den Thallus einwandert. Thatsächlich wandern die Flechtengonidien in die Gefäß- und Holzzellen, sowie in das Holzparenchym der Astwunden.

B. Zweite Hauptstufe der Form.

Cylinderketten, gleichwerthige Glieder[1]).

(S. systematische Uebersicht in der Note S. 50. 51.)

1. Copulation.

Von jetzt ab haben wir es in allen höheren Formen mit cylindrischen Zellen oder mit Ketten von Cylindern (Linsencylindern u. s. f.) zu thun. Die Generation wird in diesem Sinne erhalten: die ursprünglich schwärmende Spore oder die durch den geschlechtlichen Act entstandene Zygospore (Jochspore), zu welcher im Laufe dieser Schilderung zurückzukommen ist, oder eine vegetative Zelle keimen und theilen sich. Die vegetativen Glieder der Zellenkette sind äußerlich ganz gleich, können auch im Geschlechtsleben gleichen Grad von Entwicklung zeigen. Der nächste Schritt der Erhebung aber ist das Auftreten des agressiven Charakters einer der beiden Geschlechtszellen und zwar der männlichen gegenüber der passiven weiblichen. In der niederen Stufe der Erhebung sind zunächst die beiden Geschlechtszellen gestaltlich nicht unterschieden.

Vollständig gleiche Betheiligung beider Copulanten findet sich einerseits in der Familie der Pilze bei den Mucorineen[2]): Syzygites, Rhizopus, Fig. 34. Diese bilden ein aus der Jochspore *Z* entstehendes epiphytes Mycelium, dessen Auszweigungen *c c'* copuliren und sich symmetrisch theilen α β. Die Zellen α β verschmelzen und bilden die symmetrisch belegene

---

[1]) Dieser Typus geht mit durch alle Pilze mit Ausnahme der Fruchtkörper einiger höherer Formen, durch alle Algen mit Ausnahme der Fucaceen, Florideen, Characeen, bei welchen zuerst das Scheitelwachsthum auftritt.

[2]) Die Mucorineen sind niedere Pilze mit fadenförmigem Mycelium, bewohnen organische Lösungen, Abfälle, Leichen, einige Syzygites bewohnen die Oberfläche der Pilzhüte der Agaricineen. Sie besitzen mehrere Formen der Propagation (s. systematische Uebersicht der Pilze weiter unten).

Joch(Zygo)ſpore, *c c'* aber ſind Deſcendenten höherer Ordnung, bezogen auf die Jochſpore der vorhergehenden Generation.

In ähnlicher Weiſe copuliren die Keimſchläuche als Deſcendenten vegetativer Sporen der Uſtilagineen[1]) (Tilletia Caries), Fig. 35. Die keimende Spore *S*, welche auf dem Wirthe angeflogen iſt, bildet aus der inneren Sporenhaut (Endosporium) einen gegliederten Keimfaden, an welchem zahlreiche Seitenzweige entſtehen, welche jochartig zu Paaren verbunden ſich abgliedern *S'*, an dieſen bilden ſich endlich die Sporidien *S''*, welche von Neuem verſtäubt werden.

Die Zygnemaceen mit den Desmidieen (ſ. oben S. 51), zum Verwandtſchaftskreis der Conjugaten vereinigt, ſind Fadenalgen ohne Verzweigung, welche geſtaltlich außerordentlich verſchieden ſind von dem Typus der erſten Abtheilung. Ein gemeinſamer Zug iſt eben nur der Act der Copulation. Hier erheben ſich bei einer Gattung die Geſchlechtsmaſſen zu dem Unterſchied im Charakter, welcher in den höheren Familien immer die männliche von der weiblichen Geſchlechtszelle unterſcheidet.

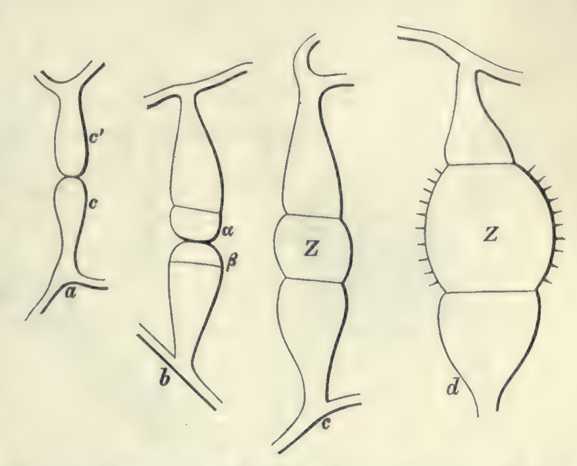


Fig. 34. Rhizopus nigricans. Vier Zuſtände der Copulation: *a*) *c c'* die beiden Copulanten, *b*) jeder theilt ſich, *Z* die aus den beiden Zellen α β entſtandene Zygoſpore. Nach de Bary, Ann. d. sc. nat. V. 5. 1866.

Ein niederer Grad der Entwicklung kommt in dieſem Sinne der Mougeotia zu, Fig. 36, wo beide Zellinhalte ſich in *J* vereinigen.

Bei den Spirogyren[2]) aber erhebt ſich die eine Zelle zu der agreſſiven

[1]) Die Uſtilagineen (mit den Uredineen in die Claſſe der Hypodermier vereinigt) ſind endophyte, durchaus an die Nährpflanze angepaßte Paraſiten. Sie zerſtören den bewohnten Pflanzentheil mit dem Mycelium, von welchem unter der Epidermis des Wirthes zahlloſe braune oder ſchwarze Sporen, *S* Fig. 35, gebildet werden. Die verſtäubenden Sporen keimen von Neuem auf der Epidermis des Wirthes für die nächſte Generation. Beſchrieben ſind dieſe Gattungen: Ustilago, Tilletia, Sorosporium, Urocystis, Tecaspora, Tuburcinia. Einige Ustilago, Tilletia veranlaſſen verheerende Getreidekrankheiten. Die Stellung im Syſtem iſt dieſe:

Claſſe: Hypodermier: 1. Familie: Uſtilagineen,
2. » Uredineen.

[2]) In der Familie der Zygnemaceen ſind beſchrieben und zum Theil entwicklungsgeſchichtlich genau erforſcht die folgenden Gattungen: I. niedere Stufe Mougeotia, Meso-

Bewegung. Sie wandert durch die Verbindungskette *i* nach der harrenden paſſiven empfangenden Zelle. Die Verwandtſchaft der Zygoſpore *Z* zur Zygoſpore der vorjährigen Generation iſt ausgedrückt durch ein Schema, welches aus der Betrachtung der Entwicklungsgeſchichte, Fig. 37, entſpringt. Mögen die Sporen, welche in *C*, Fig. 37, entſtanden ſind, in der nächſten Vegetationsperiode keimen, ſowie dieß die Fig. 37 *D* für eine Spore darſtellt und *zn*, reſp. *zn'* Zellen in je einer Zellenkette bilden, ſo ſind *zz'* zunächſt,

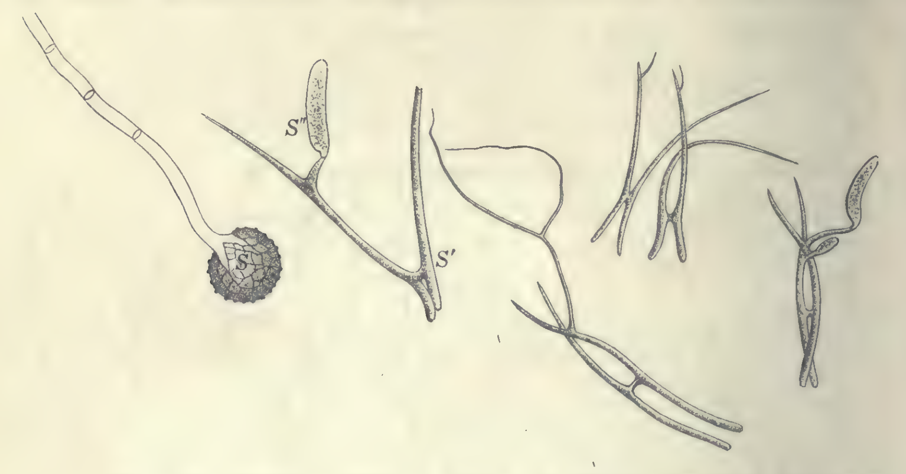


Fig. 35. Tilletia Caries, Uſtilagineen. Keimung der Sporen. *S* die Spore mit dem aus dem Exoſpor hervortretenden Keimſchlauch, welcher in Zellen gegliedert iſt, an dieſen entſtehen durch Sproſſung, Theilung und nachträgliche Copulation die jochförmigen Sporidien *S'*, an welchen endlich als dritte Zellengeneration die Sporidien *S''* abgegliedert werden (nach Tulasne).

wie die Figur 38 zeigt, nächſte Verwandte von mütterlicher Seite. Von väterlicher ſind ſie nur durch wiederum nächſte Verwandtſchaft der Väter verbunden, *vv'* Fig. 37. Jede Spore bringt *n* Glieder hervor, von welchen jedes Glied im *n*ten Grade verwandt iſt mit den Aſcendenten *zz'*. Selbſt wenn die aus *zz'* entſpringenden Ketten mit einander vereinigt blieben, wären die Glieder des Syſtemes im nächſten Jahre im *n*ten Grade mit einander verwandt, und das Blut, wenn man ſo ſagen darf, wird von der Stammmaſſe *z* im Laufe der Generationen verdünnt, von *1* auf n, n^2, n^3 u. ſ. f.

Die Zahl der Zellen im Stammbaum würde, wenn die Kette, wie dieß in der That vorkommt, ſich in ſich ſelbſt (hermaphroditiſch) befruchtet, am

---

carpus, die Vereinigung der beiden Geſchlechtsmaſſen geſchieht außerhalb der Zellen zwiſchen beiden Fäden; II. Spirogyra, Zygnema, die eine vegetative Zelle wandert nach der andern, Fig. 37; III. Sirogonium, höchſte Stufe, die eine der copulirten Zellen theilt ſich in mehrere Tochterzellen, welche den männlichen Geſchlechtserreger nach dem weiblichen Copulanten entlaſſen.

Ende der erſten Generation $\frac{n}{2}$ ſein, wo n die Anzahl der Zellen einer Kette iſt.

Die keimende Jochſpore z bringt n Zellenglieder hervor, welche nach der nächſten Verwandtſchaft zu zwei verſchmelzen. Die Verwandtſchaft und die Anzahl der Zellen werden auf $^1/_2$ herabgedrückt, die $\frac{n}{2}$ Jochſporen bringen wieder jede n Tochterzellen hervor. Die Verwandtſchaft zweier derſelben bezogen auf z iſt im $\frac{n}{2} \cdot n$ten Grade. Die Verwandtſchaft je zweier nach

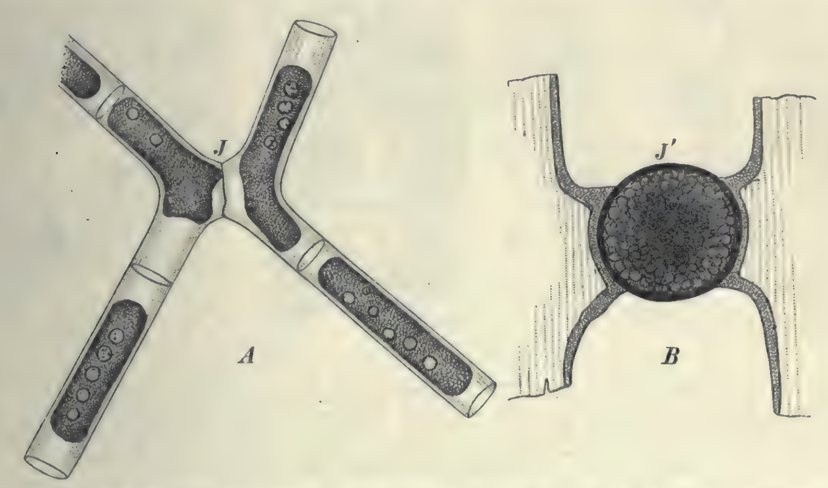


Fig. 36. Mougeotia genuflexa (nach Ripart [1]). Zwei vegetative Fäden ſchicken ſich zur geſchlechtlichen Vereinigung an, indem ſie ſich in je zwei Gliederzellen knieartig beugen, in der Beugungsſtelle ſind zwei Fäden verwachſen, *J* Fig. *A*, der Inhalt der beiden ſo verbundenen Zellen fließt zur Jochſpore *J'* zuſammen.

m Generationen iſt ſomit $\frac{n}{2} \cdot m$. Auch hier ſehen wir alſo, daß die geſchlechtliche Miſchung weder die Propagation bewirkt noch die Blutsverwandtſchaft erweitert, wenn nicht die vegetative Theilung in der Zellenkette zu Hilfe käme. Die Erhaltung der vorliegenden Race und ihre Vermehrung iſt ſomit ganz abhängig von der Erſtarkung eines vegetativen Fadens, erhält dieſer aus der Jochſpore hervorgehend 100 Zellen, ſo iſt für 50 Jochſporen für die nächſte Generation geſorgt, erhält er nur 2 Zellen, ſo iſt nur für 2 Jochſporen geſorgt [2]).

[1]) Ripart, *Observ. sur le Mougeotia genuflexa. Ann. d. sc. nat. Sér. V. T. IX. Taf. 8.*

[2]) Die Uebermittelung der Generation nach der nächſten Vegetationsperiode iſt, da die vegetativen Fäden am Ende der Sommerperiode eingehen, nur durch die ruhenden Jochſporen möglich. (Man vergleiche mit dieſer Entwicklungsgeſchichte den Vorgang bei den Desmidieen, oben S. 54.)

Wir haben jetzt nur noch zu berückſichtigen, daß die je zwei copulirenden der *n* Zellen, welche in der Kette liegen, unter ſich nicht gleiche Verwandtſchaft zeigen, daß ſie nicht Kinder gleicher Eltern ſind.

Wenn die Spore *A* ſich in die Zellen *a b*, Fig. 38, theilt, und *a* in a' a', *b* in b' b', a' in a'' a'', reſp. $a,''$ $a,''$ u. ſ. f. übergeht, ſo ſind verwandt *a b* im erſten Grade, ebenſo a' a', b' b' u. ſ. f.; in je einem der Zeitpunkte *I*, *II*, *III* aber grenzen aneinander a' b' im zweiten Grade verwandt, $a,''$ b'' im

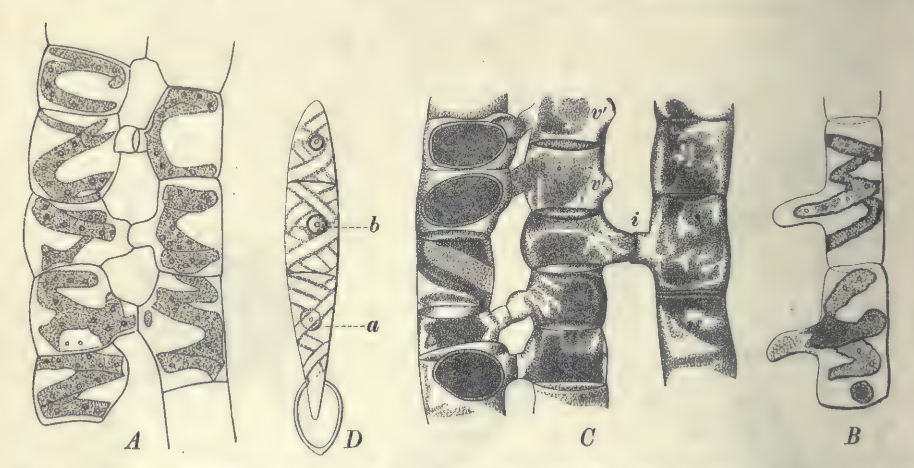


Fig. 37. *A* Zwei Spirogyrenfäden in Copulation, die Protoplasmaſpiralen noch wenig deformirt. *B* Ein Faden mit den ſeitlichen Ausſtülpungen, welche den zweiten Copulanten nicht getroffen haben. *C* Drei Fäden in wechſelſeitiger Copulation, v' die männlichen Zellen haben ihren Inhalt nicht vollſtändig abgegeben. *D* Keimende Zygoſpore, *a b* die erſten Zellen des Fadens. Die ſämmtlichen Figuren ſind nach Photogrammen hergeſtellt, von welchen die Negativplatten im botaniſchen Inſtitut der Königl. Forſtakademie Münden aufbewahrt ſind.

dritten Grade u. ſ. f. Die Zwitterbefruchtung kann nun in der geſchlechtsreifen Kette *III* von a'' nach der nächſten a'' ſtattfinden, dann wird die Spannung, welche bei dem Uebergang von a' nach a'' a'' (von *II* nach *III*) durch vegetative Theilung geſchaffen wurde, wieder auf Null herabgedrückt. Sie kann aber auch von a'' nach $a,''$ führen, dann wird das Blut zweier Verwandten des zweiten Grades gemiſcht; oder zwiſchen $a,''$ b'', dann wird das Blut vom dritten Grad auf den zweiten Grad gemiſcht u. ſ. f. Es ſind alſo zunächſt räumliche Schwierigkeiten zu überwinden.

Den Uebergang von den Conjugaten nach den Algen und Pilzen mit differenten männlichen und weiblichen Geſchlechtsapparaten bildet Syrogonium.

Die Chlorophyllſchraubenbänder von Syrogonium ſind ſteiler wie bei den Spirogyren. Zwei Fäden verwachſen bei der Copulation in der Beugungsſtelle, die Zelle des einen Fadens theilt ſich mehrfach und wird zu Antheridien, die andere weibliche nicht. Aus den Antheridien geht der befruchtende Zellinhalt durch die örtlich reſorbirte oder gequollene Membran hinüber

nach der weiblichen. Hier haben wir es mit einer niederen Form derjenigen Differenzirung zu thun, durch welche geſonderte Apparate für die Bildung zahlreicher männlicher Keimerreger der Antheridien geſchaffen werden.

Hinſichtlich der Copulation der Zygnemaceen iſt eine gradweiſe Steigerung der geſchlechtlichen Differenz aufzuſtellen, inſofern die Geſchlechtszellen aus verſchiedener Verwandtſchaft ſtammen.

Nächſte Verwandtſchaft, Monœcie.

a) Zwei Nachbarzellen vereinigen ſich, die eine wandert um die Querwand, nachdem von beiden Zellen ein Schlauch in deren Nähe getrieben iſt, nachdem die Schläuche copulirt und ihre Berührungswände reſorbirt haben, nach der anderen Zelle, die beiden vereinigten Zellinhalte liegen in der Kette des vegetativen Fadens als Spore mit feſter Membran.

b) Die beiden Zellinhalte vereinigen ſich in dem Joch, welches wie vorher über die Querſcheidewand durch zwei copulirende Schläuche gebildet wurde: Pleurocarpus.

Entferntere Verwandtſchaft, Diœcie.

a) Niedere Stufe. Zwei Zellen verſchiedener vegetativer Fäden beugen ſich knieförmig, copuliren, reſorbiren ihre Membranen und vereinigen ihre Zellinhalte in der Jochſtelle zur Zygoſpore: Mougeotia, Mesocarpus (Staurospermum), Fig. 36.

b) Die zwei Zellen der verſchiedenen Fäden treiben Schläuche wie die Spirogyra, Fig. 37, welche copuliren, nach der Reſorption der trennenden Wand vereinigen ſich die Zellinhalte in dieſem Joch: Zygogonium.

FIG. 38. Schema der Theilung und Blutsverwandtſchaft in einer Zellenkette der Zygnemaceen. In *I a b* zwei benachbarte Zellen. In *II a' a' b' b'* die nächſte Generation zu *a* und *b*. In *III* die dritte Generation in der geometriſchen Reihe 0, 2, 4, 8.

c) Wie vorher, der Zellinhalt einer der Zellen wandert nach dem Hohlraum der anderen, vereinigt ſich dort mit dem Zellinhalte zur Dauerſpore: Spirogyra.

d) Die Zelle, welche die männlichen Zellinhalte bildet, theilt ſich, entläßt aus einer der Zellen einen der Maſſe nach kleineren Befruchtungskörper nach der Copulation nach der empfangenden Zelle des anderen Fadens: Syrogonium.

In dieſer Reihe hat ſich die geſchlechtliche Differenz und der functionelle Charakter der beiden Zellen allmälig geſteigert. Zuletzt erkennt man die paſſiv verharrende empfangende Eizelle und die agreſſive wandernde männliche Zelle.

Es iſt bei den Zygnemaceen als den einfacheren und der mikroſkopiſchen Wahrnehmung am meiſten zugänglichen Formen unter allen Umſtänden bei der Zelltheilung darauf aufmerkſam zu machen, daß ſich gar kein Anſchluß an die Einſchachtelung findet, wie ſie oben bei den Glœocapſen, Fig. 30, beobachtet wurde. Es entſtehen hier offenbar nur Scheidewände, wollte man annehmen dieſe ſtänden mit einer rings um die Tochterzelle gehenden Haut in Verbindung, ſo müßte dieſe in der Cylinderwand von verſchiedener Dicke ſein. Andererſeits läßt ſich von nun ab entſprechend dem Gedankengang, welcher bei der Blutsverwandtſchaft der

Zellengenerationen, ſ. oben S. 86, entwickelt wurde, zeigen, daß alle vegetative Theilung der höheren Pflanzen auf eine Zelle, Scheitel- oder Eizelle, zurückgeführt werden kann. Hier käme, wenn die Wandbildung allſeitig wäre, eine endloſe Einſchachtelung in Betracht. Thatſache iſt, daß das allmälige Vorſchreiten der Querwände bei den Algen für vegetative Theilung beobachtet iſt, bei den höheren Zellenpflanzen nicht. Hier treten die Wände raſch, je nach der Gewebeart, in großer Zahl gleichzeitig und über die ganze Ausdehnung auf, welche erfordert wird um den einzelligen Wohnraum des Plasmakörpers in einen zweizelligen zu verwandeln. (Mit Ausnahme der Pollenzellen, Bd. I S. 58.)

Die Theilung verläuft innerhalb 3—6 Stunden, ſo daß zuerſt die Maſſe des primären Zellkernes auseinanderfließt; bei dieſem Vorgang fließen

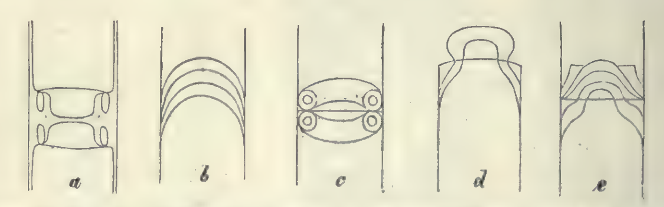


Fig. 39. Rhynchonema, Ktzg., Zygnemaceen. Querwände mit verſchiedener Ausbildung der Verdickung und deren Schichten. *a* die Verdickung iſt auf eine ringförmige Leiſte dieſſ- und jenſeits der Querwand beſchränkt, dieſe zeigen beiderſeits nochmals einen nicht mit Maſſe ausgefüllten Ring. *b* die Querwand iſt nach einer Seite ausgebaucht und geſchichtet. *c* an beiden Seiten der Querwand befinden ſich (hohle?) Ringleiſten, der Querſchnitt derſelben iſt kreisförmig. *d* ausgebauchte Querwand nach dem Bruch des Fadens. *e* geſchichtete in die Nachbarzelle vorſpringende Querwand.

die Körnchen im Plasmaſtrang, welcher den Kern umgibt, hin und her. Die Kernkörperchen werden im Nucleus aufgelöſt. Sodann differenziren ſich um die Theilungsebene des Kerns die ſogenannten Kernfäden, welche ſenkrecht zu der ſpäteren Theilungsebene orientirt ſind, und eine in dieſer ſelbſt liegende Kernplatte. Während dieſer Differenzirung beginnt auch von der Cylinderwand aus die Bildung der zukünftigen Scheidewand, dort häuft ſich das Plasma und die tranſitoriſche Stärke. Der Kern hat ſich indeſſen zu einem tonnenförmigen Volum geſtreckt, an den beiden Endflächen der Tonne häuft ſich die Maſſe der Kernfäden. Die Plasmafäden, in welchen die Kernmaſſe ſuspendirt iſt, theilen ſich und die auseinanderweichende Kernmaſſe bleibt, während die beiden ſecundären Kernmaſſen ſich differenziren, Fig. 40 *C*, in einem im optiſchen Durchſchnitt rechteckig configurirten Strangſyſtem von farbloſem Plasma ſuspendirt; die Fig. *C* zeigt, wie die Kernfäden nach den ſecundären Kernen hin verlaufen, dort noch in ebenſoviel Körnchen ausmünden. In dem Maße wie die Querwand vorrückt ſammelt ſich das Plasma in den ſecundären Kernen, Fig. *F* mit *C* zu vergleichen. Die beiden Kerne rücken nach vollendeter Querwandbildung allmälig nach den Centren ihrer Zellen.

C. Kieselschalige Zellenketten, welche sich trennen (Diatomeen)[1]), Bacillariaceen.

Die kieſelſchaligen Diatomeen ſtehen in der Geſtaltung unverbunden mit allen übrigen Algen da. Sie ſtellen eine, durch ſtrenge Gliederung

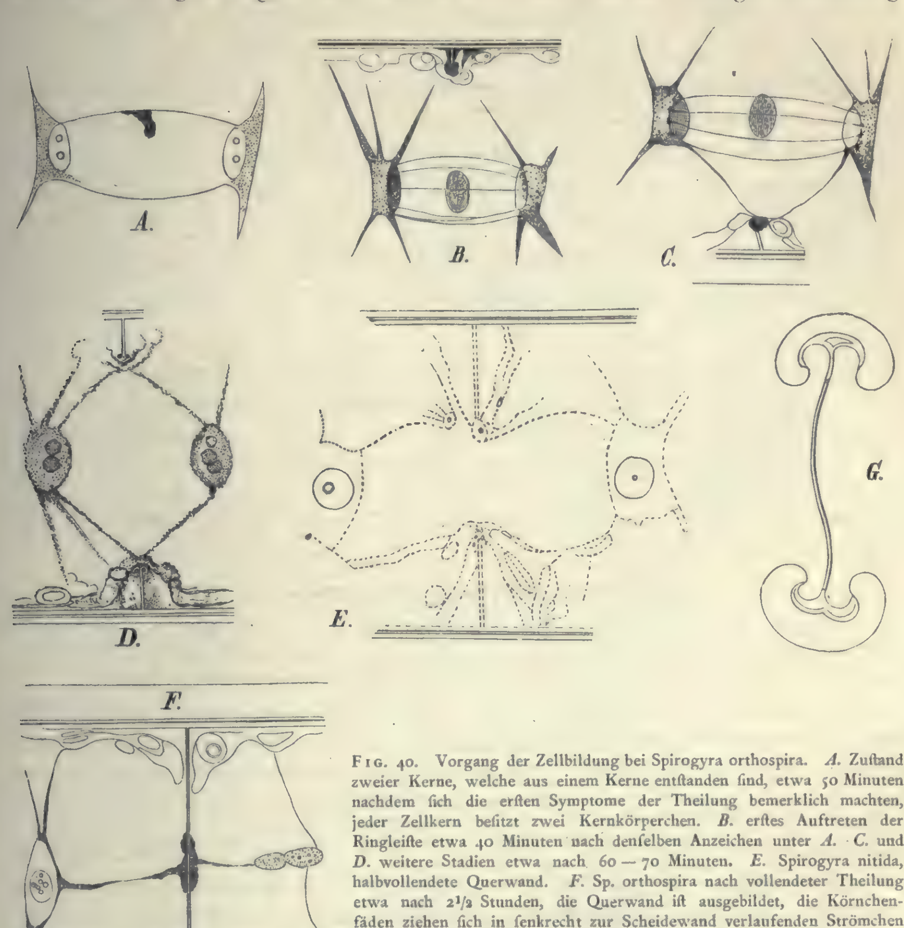


Fig. 40. Vorgang der Zellbildung bei Spirogyra orthospira. *A.* Zuſtand zweier Kerne, welche aus einem Kerne entſtanden ſind, etwa 50 Minuten nachdem ſich die erſten Symptome der Theilung bemerklich machten, jeder Zellkern beſitzt zwei Kernkörperchen. *B.* erſtes Auftreten der Ringleiſte etwa 40 Minuten nach denſelben Anzeichen unter *A.* *C.* und *D.* weitere Stadien etwa nach 60 — 70 Minuten. *E.* Spirogyra nitida, halbvollendete Querwand. *F.* Sp. orthospira nach vollendeter Theilung etwa nach 2½ Stunden, die Querwand iſt ausgebildet, die Körnchenfäden ziehen ſich in ſenkrecht zur Scheidewand verlaufenden Strömchen nach den beiden Zellkernen. *G.* fertige Scheidewand von beiden Zellen nach deren Trennung abgeſtoßen. (Nach Strasburger, Zelltheilung. Jena. H. Dabis. 1875.)

---

[1]) Die Diatomeen (Bacillariaceen) leben im ſüßen Waſſer und im Meere. Das Studium der meerbewohnenden Diatomeen iſt bis zu gewiſſem Grade erleichtert durch die in neuerer Zeit angelegten Seewaſſeraquarien (Frankfurt, Berlin, Hamburg). Die Diatomeen beſiedeln die feſten Wände, die Zellenalgen, die See- und Süßwaſſerthiere, ſie leben geſellig in dendritiſch veräſtelten Colonien, oder ſie bilden Sedimente am Grunde der Gewäſſer. Die Syſtematik dieſer Algen zeigt etwa 12 Familien mit zahlreichen Gattungen, bearbeitet von Kützing, Rabenhorst, Pfitzer, die Familien: Meloſireen Kz., Eunotieen

und große Mannigfaltigkeit in der Form, bei verhältnißmäßig einfachen Mitteln in der Theilung, ganz divergente Claſſe dar, deren genetiſche Verbindungsglieder mit den Celluloſealgen niederer Art nicht zu finden (untergegangen) ſind.

Die Geſtalt iſt zwiſchen zwei geometriſchen Figuren eingeſchränkt, hervorgegangen durch gleichſinnige Theilung einer Kugel, eines Cylinders, eines elliptiſchen Cylinders, eines Linſencylinders. Die morphotiſche Differenzirung iſt äußerſt gering, ſie erſtreckt ſich nur auf einen ungleich geſtalteten Schleimfaden, welcher die Kette der vegetativen Zellen trägt.

Die adaptiven Neigungen der Diatomeen ſind verſchwindend (Schwimmapparate aus Plasmafäden).

Das Strahlenſyſtem von Zellen iſt ſo entſtanden wie Fig. 41 zeigt, in *a* heftet ſich die vegetative Mutterzelle an die feſte Unterlage oder an

---

Kz., Cymbelleen Kz., Achnantheen Rbh., Surirelleen Rbh. und Kz., Naviculaceen Rbh. und Kz., Synedreen Rbh., Meridieen Kz., Tabellarien, Anguliferae Kz. und Pf., Lycmophoreen Pf., Actinisceen Kg., Bidulphieen, Tripodisceen. Für die Maße der Einzelzellen mögen dieſe Beiſpiele angegeben ſein: Pleurosigma attenuata 214 Mikromillimeter in der Längs-, 24 in der Querrichtung; Pl. acuminata 100 auf 16; Pinnularia nobilis 200—225 auf 48; Pl. radiata 54 auf 9; Navicula affinis 60 auf 16; N. fulva 100 auf 25; Stauroneis amphicephala 50 auf 9.

Literatur: Diatomeen (Bacillariaceen).

Greville, *Report on a Collection of Diatomaceae, made in the district of Bræmur by Prof.* Balfour *and Mr.* George Lauson. *Ann. and Mag. of Nat. Hist. 2. ser. vol. XV. p. IX. 7. 8. 9.* — Carter, *On the conjugation of Cocconeis, Cymbella and Amphora. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 2. ser. vol. XVII. 1856.* — Meneghini, *Sulla animalità delle Diatomee 1845.* Ueberſetzt in *Roy. Society's Publications 1853.* — Walker-Arnott, *On the structure of Amphora and the Diagnosis of its species. Quarterly journal of microscopical science. vol. VI. 1858.* — Hofmeister, Ueber die Fortpflanzung der Desmidieen und Diatomeen, Berichte über die Verhandl. d. ſächſ. Geſellſch. d. Wiſſ. zu Leipzig 1857. — Ralfs, *Notes on the silicious cell of Diatomaceae. Quart. Journ. of microsc. science VI. 1858.* — Donkin, *On marine Diatomaceae of Northumberland. Quart. Journ. of microsc. science VI. 1858.* — Schultze, Innere Bewegungserſcheinungen bei Diatomaceen der Nordſee, aus den Gattungen Coscinodiscus, Denticula, Rhizosolenia. Müller's Archiv f. Anat. u. Phyſiol. 1858. — Wallich, *On the development and structure of the Diatom. Valve. Transact. of the microsc. Society. 1860.* — Fresenius, Ueber einige Diatomeen. Abhandl. der Senckenberg. Geſellſch. zu Frankfurt a. M. IV. 1862. — Grunow, Ueber einige neue und ungenügend bekannte Arten und Gattungen von Diatomaceen. Verhandl. der zool.-botan. Geſellſch. zu Wien. 1863. — Carter, *Conjugations of Navicula serians, N. rhomboides and Pinnularia gibba. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 3. ser. vol. XV. 1865.* — Wallich, *On Triceratium. Quart. Journ. of microsc. science. VI. 1858.* — Ueber Bau und Zelltheilung der Diatomaceen. Sitzungsber. der Niederrhein. Geſellſch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1869. S. 81. Abgedruckt in Botan. Zeit. 1869. — Mac Donald, *On the structure of the Diatomaceous frustule and its genetic cycle. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 4. ser. vol. III. 1869.*

fluthende und ſchwebende Waſſerpflanzen, Lemna, Fadenalgen u. a. m. an, mit einem ſpäter erhärtenden Schleimfaden. Die Zelle theilt ſich, der Faden wächſt und gabelt ſich in dem Maße, wie die Fächerung von *a* nach *e*, Fig. 41, fortſchreitet.

In der Theilung der Zellkette bieten die Diatomeen großes Intereſſe. Eine Kette, wie Fig. 41, geht aus einer Zelle hervor, in dem Sinne wie eine Reihe kleiner werdender Schachteln in einer größeren ſtecken.

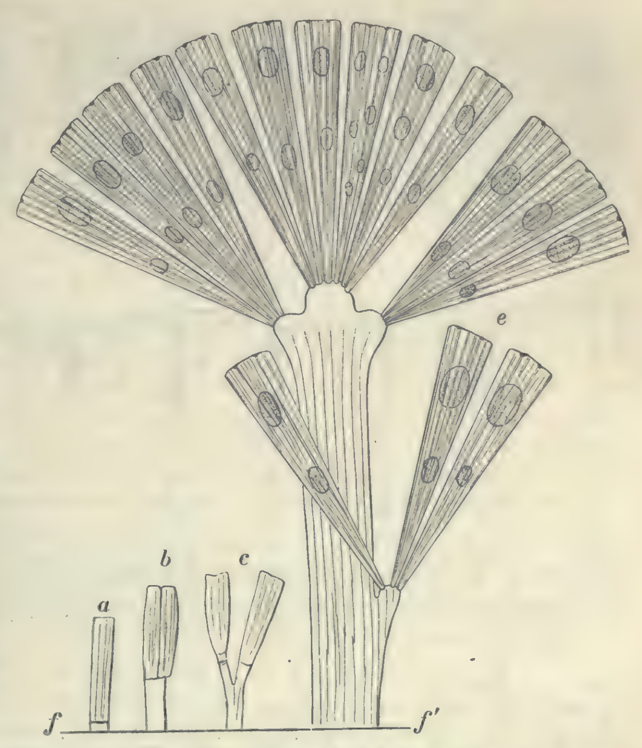


Fig. 41. Licmophora radians. *a* der erſte Zuſtand der Zelle mit einem kurzen, *b* mit einem längeren Schleimfaden, in *c* iſt die Theilung eingetreten, in *e* mehrfach fächerig getheiltes Individuum, ſämmtliche Theile durch Schleimfäden dendritiſch verbunden (Kützing).

Im optiſchen Durchſchnitt für eine Kante a_1 a_2 . . . ., Fig. 42 *B*, ſtellt ſich dieſe Sache ſo dar:

Das Schalenſtück a^2 ſteckte zuerſt in a^1, ſo wie jetzt je ein linkes oder rechtes in einem rechten beziehungsweiſe linken ſteckt. Die Zelle a_1 und Zelle a_2 ſind die erſten Deſcendenten, ſie zerfallen nach dem Schema, Fig. 43. Die beiden Schalenſtücke a_1 a_2 am Rande müſſen der Natur der Sache nach immer Deckel ſein, alle innern Abkömmlinge ſind abwechſelnd Deckel *D* und Schachtel *S*, ſo daß die Reihe der Generationen iſt:

D S, I Fig. 43 *A*,
D S, *S D*, II Fig. 43 *B*,
D S, *S D*, *S D*, *D S*, III Fig. 43 *C*.

Die Kette iſt demgemäß an dem einen Ende breiter wie an dem andern und ſie verjüngt ſich von beiden Enden nach der Mitte[1]).

---

[1]) Dießbezügliche Meſſungen, an den Ketten der Melosira varians ausgeführt, ergaben einen Unterſchied von 4—6 Mikromillimeter.

Trennen ſich die Glieder nachdem die Reihe der Theilungen *D S*, *D S*, *S D*; *D S*, *S D* . . . . . . *S D*, *D S*, vollendet iſt und beginnt jede Zelle von Neuem eine Colonie zu bilden, wiederholt ſich dieß ferner durch

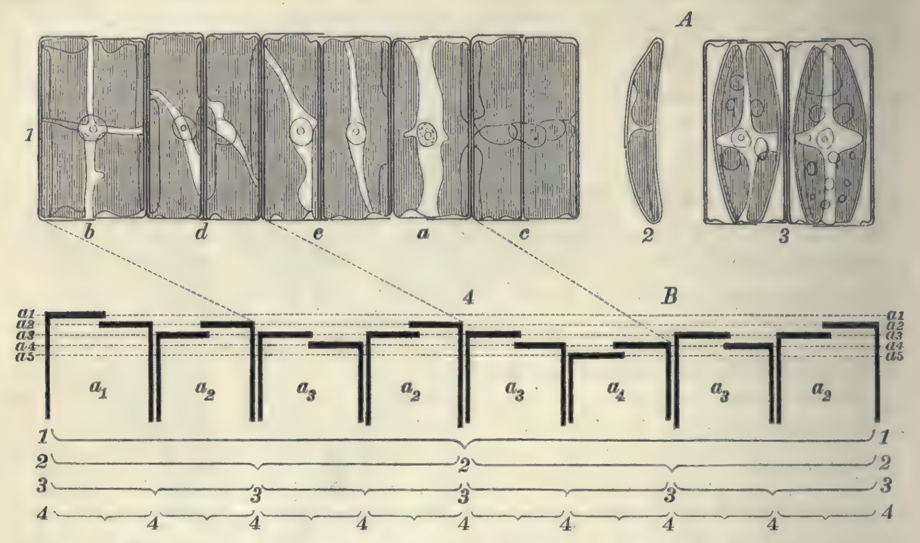


Fig. 42. *A* Himanthidium pectinale. *1* Gürtelanſicht einer Zellenkette. *2* Schalenanſicht einer Zelle. *3* Gürtelbandanſicht im Craticularzuſtand für zwei Zellen. *B* Schema der Zellenkette nach dreimaliger Theilung (nach Pfitzer). In *a* und *b*, Fig. *A*, zerklüften ſich die Endochromplatten, in *c* wachſen die Platten, in *d* iſt die Zelltheilung vollendet. Der Craticularzuſtand, Fig. *3 A*, zeigt eine doppelte Schalenbildung (Craticula, eine deswegen aufgeſtellte Gattung).

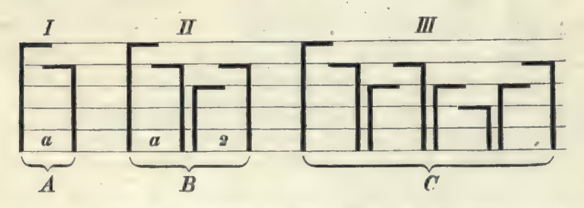


Fig. 43. Schema der aufeinanderfolgenden Zuſtände von Himanthidium im optiſchen Durchſchnitt der Schalen. *A* Deckel und Schachtel. *B* zweite Generation, der Deckel von *A*, rechts der Schachteltheil, rechts zu erſterem hat ſich ein zweiter Schachteltheil, ebenſo zu letzterem gebildet. *C* dritte Generation von Zellen.

unzählige Generationen, ſo müßten immer kleinere Individuen zum Vorſchein kommen, wenn nicht nachträglich noch ein Wachsthum in zur Längsrichtung der Kette ſenkrechter Richtung ſtattfände, oder wenn nicht ein zweiter Modus der Verjüngung mit dem geſchilderten abwechſelte.

Die geſchlechtlichen Vorgänge der Diatomeen, ſoweit ſie bis jetzt bekannt ſind, verlaufen ſo: zwei Individuen lagern ſich aneinander, ſie ſondern eine Schleimmaſſe aus, welche zuſammenfließt. Die Schalenſtücke öffnen ſich und es ſtrecken ſich zwei neue Individuen, welche aus den alten Schalen entlaſſen werden, weit über die Länge der zwei copulirenden vegetativen Zellen. Dieſe neuen Individuen nennt Pfitzer die Auxoſporen (Pfitzer, Ueber die Bacillariaceen in J. v. Hanstein, Beiträge zur Mor-

phologie I. Band). Die eigentliche Propagation geschieht dem entsprechend nur durch Trennung der auf vegetativem Wege entstandenen Zellen. Bei anderen Formen findet selbst bei diesem geschlechtlichen Acte eine Verminderung in der Zahl der isolirten Individuen statt, insofern nur eine einzige Auxospore aus zwei vereinigten Individuen hervorgeht.

Die Bacillariaceen schließen sich, wenn überhaupt ein Anschluß denkbar ist, an die Desmidieen an, wo bei Schizoglamis gelatinosa eine analoge Zerklüftung der Membran beobachtet ist (Fig. 65 *C* aus Band I dieses Handbuchs). Freilich bietet diese Art sonst in den morphotischen Zügen wenig Analoges. Die Frage, ob die Bacillarien zu den Thieren oder zu den Pflanzen zu rechnen seien, erachten wir als in dem letzteren Sinne entschieden [1]).

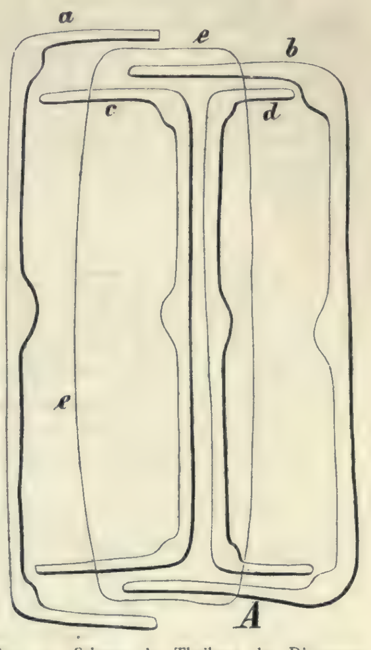


FIG. 44. Schema der Theilung der Diatomeen. *A* Pinnularia gibba, EHRBG. *a* und *b* alte Zellenschalen eines Individuums. *a* und *c* und *b* und *d* die zu den zwei neu entstandenen Individuen gehörigen Schalen. *e* Zwischenstück.

a) Structur der Schalen.

Die Gürtelbandansicht der Schale entbehrt meistens der zierlichen Felderung und Streifung, welche der Schalenansicht zukommt [2]). Die Schale besitzt bei einigen einen Längsspalt und Verdickungsknoten. Die feine Felderung und Streifung wird nicht zerstört durch Ausglühen. Hiebei verbrennt die Cellulose, das Kieselskelett bleibt mit allen Feinheiten der Structur erhalten.

b) Protoplasma und Endochrom.

Die Endochromplatten [3]) überziehen die Schalenflächen bei einigen Gattungen, die Schalen- und Gürtelflächen bei anderen, sie entsprechen dichteren Parthien des Plasmawandbelegs, welcher sonst farblos ist, und bleiben kenntlich selbst nachdem das Pigment durch Alkohol ausgezogen ist. Bei Behandlung des so entfärbten Protoplasma mit Alcannapigment färben sie sich intensiver als der sonst farblose Theil des Plasmakörpers.

[1]) PFITZER, a. a. O. S. 181.

[2]) Bekannte und ausgezeichnete Probeobjecte für die Leistung der besseren Mikroskope: Pleurosigma (verschiedene Arten), Surirella u. a. m.

[3]) Enthalten ein gelbes oder braunes in Alkohol lösliches Pigment, s. Bd. I. 1. S. 563. ASKENASY, Beiträge zur Kenntniß d. Chlorophylls. Bot. Ztg. 1867. MILLARDET, *Sur la nature du pigment des Fucoïdées. Ann. d. sc. nat. V. 10.*

Eine ſyſtematiſche Ueberſicht der wichtigſten Bacillariaceen wird nach PFITZER aus der Vertheilung der Endochromplatten, aus der Geſtalt und Structur der Schalen gewonnen:

Synopſis der Familien (nach PFITZER und RABENHORST).

A. Endochrom an wenige, höchſtens zwei, ſelten in der Mitte unterbrochene Plasmaplatten gebunden. Allgemeiner Bau der Schalen bilateral, Streifung niemals netzförmig. Sporenbildung aus zwei hautumhüllten Mutterzellen.

I. Endochromplatten, wenn zu zweien vorhanden, ſtets den beiden, wenn einzeln, faſt ſtets (nicht bei den Cocconeïdeen) einem Gürtelband in der Mediane anliegend. Eine meiſt in der Mitte durch Knoten unterbrochene Längsſpalte auf jeder Schale. Auxoſporen zu zweien. Placochromaticae.

a) Mit Knoten.

α) Aſymmetriſche Formen.

1⁰ Nach allen drei, oder nach der Längs- und Querebene aſymmetriſch, dem entſprechend mit ſechs oder fünf Knoten, einer dem weniger convexen Gürtelband anliegenden Platte; Sporen den Mutterzellen parallel.

Gomphonemeen (Keilfäden). Schalenanſicht länglich keilförmig eingebuchtet. Gürtelanſicht keilförmig. In Colonien in einer Gallertmaſſe, einige Arten mit Gallertſtiel. Die Zellen trennen ſich oder bleiben zu zweien und mehreren fächerartig vereinigt. In ſtagnirenden und fließenden Waſſern häufig an Fadenalgen befeſtigt (Sphenella, Gomphonema).

Amphoreen, PF. Schalenanſicht elliptiſch. Gürtelanſicht lineal oder ſchwach keilförmig. In ſüßem Waſſer und Mineralquellen. Zellen iſolirt.

2⁰ Nach der Längsebene allein aſymmetriſch, mit ſechs Knoten, einer dem ſtärker convexen Gürtelband anliegenden Platte, Sporen den Mutterzellen parallel.

Cymbelleae. Schalenanſicht gekrümmt. In Gallertröhren in Reihen oder auf einem Gallertſtiel und iſolirt oder paarweiſe frei mit gleitender ſelbſtändiger Bewegung (Encyonema mit Gallertröhren. Cocconema auf einem Gallertſtiel. Cymbella und Ceratoneis freiſchwimmend).

3⁰ Nach der Längsebene allein aſymmetriſch, mit ſechs deutlichen oder rudimentären Knoten und einer dem weniger convexen Gürtelband anliegenden Platte, Sporen rechtwinklig zu den Mutterzellen.

4⁰ Nach der Theilungsebene aſymmetriſch, mit fünf Knoten, zwei Platten.

Achnantheae. Auf einem Gallertſtiel wenige oder mehrzellige Reihen. Der Stiel iſt zuweilen an einem Eck der Schalenreihe befeſtigt. Im Süßwaſſer, in Salzquellen, im Meer (einige ſehr ſchöne Arten im Frankfurter Aquarium).

5⁰ Nach der Theilungsebene aſymmetriſch, mit fünf Knoten, einer der convexen Schale anliegenden Platte.

Cocconeïdeae. Schalenanſicht elliptiſch; bei den Arten, welche ſich mit einer Schale an Fadenalgen flach anlegen, iſt die Schale in der Berührungsebene flach, die Rückenſchale gewölbt, meiſt iſolirt lebend (Cocconeïs).

β) Symmetriſche oder diagonal gebaute Formen.

6⁰ Ohne Keilbildung, mit zwei Platten und ſechs normalen Knoten.

Naviculeae. Schalenanſicht kahnförmig. Gürtelanſicht lineal, meiſt frei oder paarweiſe, gleitend ſich fortbewegend, ſelten in Colonien in einer Gallertmaſſe oder in

Röhren (nach RABENHORST Navicula, Amphipleura, Pinnularia, Falcatella, Amphiprora, Pleurosigma, Stauroneis, Pleurostaurum, Mastogloia, Colletonema).

7° Mit ſeitlicher Kielbildung, zwei Platten, vier normalen und zwei verlängerten (Mittel-)Knoten.

Amphipleureae. Spindelförmig, ſechsſeitig, vereinzelt lebend (Amphipleura nach RABENHORST zu den Naviculeen gehörig).

8° Mit medianer Kielbildung, zwei Platten, ſechs normalen Knoten.

Plagiotropideae. Schalenanſicht ſpitzlanzettlich. Gürtelanſicht ähnlich der Amphiprora. Einzige Gattung Plagiotropis, PFITZER: Pillauer Hafen.

9° Mit medianer und ſeitlicher Kielbildung, einer Platte, ſechs normalen Knoten.

Amphitropideae. «Dieſe Familie ſteht in demſelben Verhältniß zu den Plagiotropideen, wie die ſymmetriſchen Cymbellen ſich zu den Naviculis verhalten. Die Amphitropis paludosa, durch die S-förmigen Kiele ausgezeichnet, hat nur eine einzige, dem Gürtelband anliegende und mit ihren Rändern die Schale erreichende Endochromplatte, welche ſich von den Rändern her theilt» (PFITZER, a. a. O. S. 95).

b) Ohne Knoten.

10° Mit Kielpunkten, an einem Rande liegender Längsplatte und einer Endochromplatte, Nitzschieae.

II. Endochromplatten mit ihren Medianen den Schalen anliegend. Längsſpalten fehlend oder an jeder Schale zwei an deren Rändern. Knoten fehlen. Auxoſporen einzeln, durch Copulation entſtehend.

a) Mit zwei Längsſpalten, Platten ſich der Fläche nach theilend.

11° Schalen mit Längsrippe und je zwei Flügeln, die am Rande die Spalte tragen.

Surirayeae. Dieſe Familie enthält zum Theil Gattungen mit windſchiefen Schalen oder ſolche mit Flächen doppelter Krümmung, Campylodiscus. Cymatopleura und Suriraya mit außerordentlich complicirtem Schalenbau (ſ. PFITZER, a. a. O., S. 107 ff.).

b) Ohne Längsſpalten, Platten mit Quertheilung.

12° Schalen mit glatten Mittelſtreifen, meiſt ſymmetriſch.

Synedreae. Schalenanſicht ſpindelförmig. Gürtelanſicht lineal. «Unterſcheiden ſich von den Eunotien durch die meiſt geraden, nicht unterbrochen geſtreiften, ſondern von einer glatten Mittellinie durchzogenen Schalen. Im Innenbau ſchließen ſie ſich an die Eunotien. Die Individuen ſind zuerſt an einem Gallertſtiel befeſtigt, ſpäter iſolirt, ſchwimmen frei: Synedra, Staurosira, EHRBG.» (PFITZER). Nach RABENHORST gehören noch Gattungen hierher, welche PF. anderweit unterbringt.

13° Schalen querüber geſtreift, ſtets aſymmetriſch.

Eunotieae. Hierher rechnet PFITZER Eunotia, Himanthidium und Amphicampa. Der Querſchnitt der Zellen vierſeitig. Einzelzellen oder zu Reihen verbunden.

B. Endochrom an zahlreiche Körner gebunden. Allgemeiner Bau der Schalen zygomorph oder centriſch, Streifung oft netzförmig. Sporenbildung aus einer hautumhüllten oder zwei dazu durch Theilung entſtehenden primordialen Mutterzellen: Coccochromaticae.

I. Bilaterale Formen. Zwei Mutterzellen bei der Sporenbildung.

a) Nach der Querebene ſymmetriſch.

14° Ohne innere Diaphragmen.

Fragillarieae. Hierher rechnet PFITZER nur Fragillaria und Odontidium. Zellen in

Ketten. Schalenanſicht lanzettlich oder ſymmetriſch eingebuchtet. Gürtelanſicht lineal. Endochromkörper auf der Gürtelfläche in 2—3 unregelmäßigen Längsreihen.

15⁰ Mit inneren Diaphragmen.

Meridieen (nächſte Gattung Odontidium). Die Schalenanſicht ſpindelförmig eingebuchtet, nach einem Ende verſchmälert. Gürtelanſicht keilförmig. Zahlreiche Individuen mit einander verbunden zu einem Kreis oder ſelbſt über einen Kreisumfang zur Spirale oder Schraube (Meridion). Die Kette zerklüftet ſich in die Einzelzellen oder in Bänder, welche einen größeren oder kleineren Theil des Kreisumfanges einnehmen (Meridion).

b) Nach der Querebene aſymmetriſch.

16⁰ Ohne innere Diaphragmen.

Tabellarieen. Schale lineal, in der Mitte eine ſtärkere ſpindelförmige Anſchwellung. Gürtelband rechteckig. Leben in Colonien, Individuen getrennt oder an den Kanten zu Zickzacklinien, welche in der gemeinſamen Gürtelbandebene liegen, verbunden. Hierher Tabellaria nach RABENHORST und dieſelbe Gattung, weiter aber auch Grammatophora, EHRB., und Rhabdonema, KZG.

17⁰ Mit inneren Diaphragmen.

Licmophoreen. Keilförmige Gürtelbandanſicht, mehrere Individuen fächerförmig vereinigt auf verzweigtem Gallertſtiel. Nach PFITZER gehören hierher: Podosphenia, KZG., Rhipidophora, KZG., Climacosphenia, EHRBG., Licmophora, AG.

II. Centriſche Formen, eine Mutterzelle bei der Sporenbildung.

a) Schalen mit zygomorpher Geſtaltung.

18⁰ Schalen bilateral, flach.

Biddulphieae. Die Zeichnung der Schale ſtrahlt von einem Mittelpunkt aus. Der Umriß der Schale nach einer Linie ſymmetriſch, in Zickzacklinien geordnete, in den Kanten der Diagonale verbundene Individuen, Meeresbewohner. Biddulphia, Isthmia.

19⁰ Schalen polygonal.

Anguliferae, KZG. Schale dreiſeitig, Triceratium, vierſeitig, Amphitetras, mit z. Th. ſtrahliger Zeichnung, zierlicher Felderung, Meeresbewohner, in Ketten und iſolirten Individuen.

20⁰ Schalen kreisrund mit in ein Polygon geordneten Anhängſeln.

Eupodisceae.

21⁰ Zellen meiſt frei mit mittlerem Plasmaſtrang.

Coscinodisceae. Schalen kreisförmig nach 3, 5, 8, 9 Radien geſtreift oder gefeldert. Meiſt Meerbewohner. Coscinodiscus, Actinoptychus, Cyclotella.

22⁰ Zellen zu Fäden verbunden, ohne mittlere Plasmaanhäufung.

Meloſireen. Cylinderketten, welche aus Zellenpaaren beſtehen. Die Paare ſind durch Gallertplatten verbunden. Schalenanſicht ein Kreis. Die Auxoſporenbildung vollzieht ſich in der Kette. Die Zelle theilt ſich und bildet eine einzige Tochterzelle durch Vollzellbildung, dieſe ſchwillt zur Kugel an und zerreißt die Schalen der Mutterzelle (genauere Angaben ſ. PFITZER a. a. O., S. 131 ff.), Melosira, Orthosira. (RABENHORST rechnet noch Cyclotella und Campylodiscus hierher.)

c) Lebensweiſe.

Die Bacillariaceen leben geſellig in Colonien von Kugelgeſtalt, welche durch Gallerthüllen zuſammengehalten werden, oder ſie ſind zu vielen Tauſenden in dendritiſche Bahnen mit reicher Verzweigung geordnet. Mikro-

mega, s. Atlas von KÜTZING. Sie besiedeln mit Gallertfäden andere Wasserbewohner, so die Conferven, Charen u. a. m. Sie dringen in die Schläuche der Utricularien, wo sie sich reichlich durch vegetative Theilung vermehren.

Die getrennten Zellen schieben sich aneinander vorbei und lagern sich treppenartig, Bacillarien. Sie sondern eine einfache oder bei marinen Arten selbst verzweigte Gallertröhre ab, in welcher die kieselschaligen Zellen einzeln reihenweise liegen, so die Encyonemeen. Die Achnantheen bilden einen langen an Wasserbewohnern wurzelnden Gallertstiel, an welchem ein- und mehrzellige vegetative Colonien sitzen. Die Tabellarien zerklüften sich in die Einzelzellen; diese aber bleiben in Zickzacklinien vereinigt, indem immer eine Zelle die andere in der Kante allein berührt; die Berührungskanten wechseln in den Diagonalen der Zellen. Eine große Anzahl isolirt lebender Bacillarien zeigt eine selbständige Bewegung, die kahnförmigen Individuen gleiten mit steter Geschwindigkeit wie ein ruhig schwimmendes Schiff gradlinig durch das Wasser, vor- und rückläufig ohne auffällige Drehung des Schiffes um die kurze Axe. Bei dieser Bewegung werden kleine im Wasser suspendirte Körperchen, Farbetheilchen, etwa in der Nähe der Schalen festgehalten, wohl auch in einer nahen Zone um den Körper der Bacillarie fortgeschoben. Wahrscheinlich sind es flossenartige Plasmaausstülpungen, welche aus den Fugen oder den Spalten der Schalen hervorragen und flimmernde oder flossenartige Bewegungen im Wasser ausführen. Das Lichtbrechungsvermögen dieser Plasmaausstülpungen ist indeß so wenig verschieden von demjenigen des Wassers, daß sie nicht gesehen werden können[1]).

Die zahllosen Formen der Diatomeen der Fadenalgen, welche als Arten beschrieben sind und bei welchen das Kriterium für den Artcharakter lediglich in der Größe gefunden wurde, werden später jedenfalls vereinigt werden zu einer geringeren Anzahl von Stammformen, zu welchen sie nur Varietäten oder Bastarde darstellen.

Von jetzt ab sind zwei Richtungen im Bildungstrieb, welche bisher unvermittelt stehen, zu beobachten. Die geschlechterzeugenden festgestalteten Zellen differenziren sich formbeständig mit verschiedener Gestalt, während das vegetative System noch als einfache Zelle oder als einfache Zellenkette verharrt. Die geschlechtliche Differenz erhebt sich, während die vegetative Gliederung nicht gleichen Schritt hält, und andererseits erhebt sich in vielen Algen die vegetative Gliederung, während die geschlechtliche Differenz in der äußern Form der Apparate nicht gleichen Schritt hält.

---

[1]) Vielleicht gelingt dieß im verbesserten Schlierenmikroskop, s. Bd. I, S. 168.

§ 6. Cylinderketten, ungleichwerthige Glieder.

Als Maßſtab der Erhebung wurde der Grad der Fähigkeit angenommen, welche eine Zelle beſitzt, ſich zu verjüngen. In den früheren Formen trat in dieſer Hinſicht eine auffallende Gleichartigkeit zu Tage, wennſchon bei der Copulation der erſte Schritt zu erhöhter Differenz angedeutet iſt, z. B.

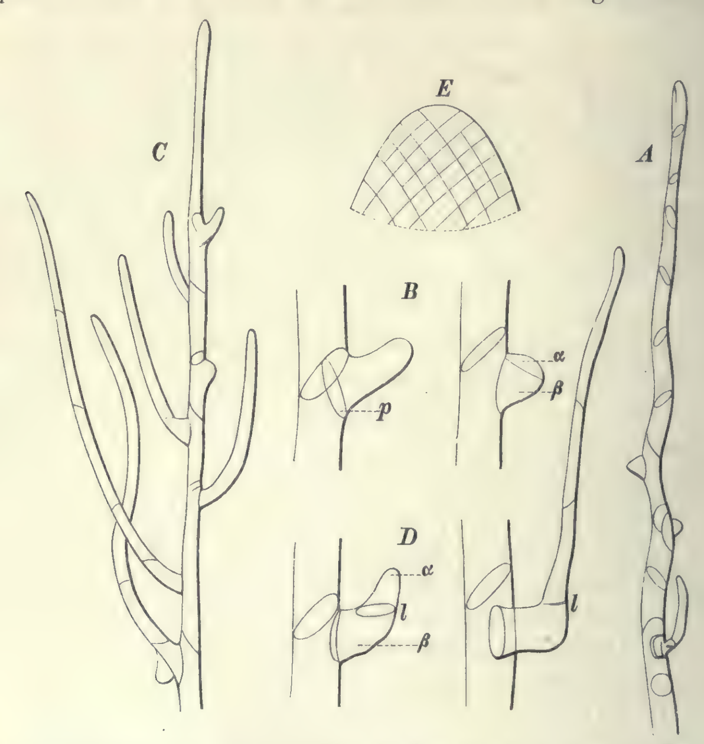


Fig. 45. *A* Zweigvorkeim von Bryum argenteum (Musci), eine Zellenkette, welche aus der Oberflächenzelle eines fertig differenzirten Mooſtammes ſich entwickelte, die Scheidewände ſind wechſelnd nach verſchiedenen Richtungen geneigt, ſo daß ſie als Ellipſen und als Kreiſe erſcheinen. *B* Zweigvorkeimparthieen von Barbula ruralis, bei *p* die Wand, welche ſich faſt rechtwinklig zur Papillenaxe an die Gliederwand anſetzt, beide ſind elliptiſch verzeichnet, α akroſkope Papillarzelle, β baſiſkope Papillarzelle, *l* die Baſilarwand, rechts hat ſich ein Vorkeimzweig entwickelt, welcher dem Blatte in der Moospflanze entſpricht. *C* Barbula muralis, oberirdiſcher Vorkeim, an dem unterſten Zweig iſt die erſte Wand einer Knoſpenanlage angedeutet. (Nach Müller [Thurgau], die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmooſe. Leipzig. Engelmann. 1874.) *E* Schema der Theilungen im Scheitel eines Moosblattes, bei *E* die Scheitelzelle, zu welcher die Zellen höheren Grades nach links und rechts geneigt ſind.

bei Spirogyra, wo in einer Zellenkette agreſſive und paſſive Zellen vorkommen können.

Man hat es hier immer noch mit unverzweigten Cylinderketten zu thun, in welchen eine gegebene Zelle eine andere Function übernimmt als ihre beiden Nachbarn. An und für ſich iſt klar, daß hier ſowohl

vegetative als auch ſexuelle Unterſchiede zu beachten ſind. Zugleich aber muß darauf aufmerkſam gemacht werden, daß die Zweigbildung aus der Cylinderkette dann hier ſchon hereingezogen werden muß, wenn nicht jedes Zellenglied der Hauptkette im Stande iſt einen Zweig zu bilden. Als morphologiſche nächſte Stufe der Gliederung erhält man:

1⁰ die ungleiche Fähigkeit der in einer Cylinderkette liegenden Zellen, Zweige zu bilden. Schon aus mechaniſchen Rückſichten muß eine Beſchränkung in der Zweigbildung eintreten (Raummangel). Es kommt indeß doch in einzelnen Formen vor (Codium tomentosum, Chara), daß die Zweige dicht gehäuft ſtehen;

2⁰ die ungleiche Fähigkeit der Zellen in der Kette, Oogonien und Antheridien zu bilden (Oedogonium als Beiſpiel);

3⁰ Diœcie, ein Faden wird männlich, der andere weiblich;

4⁰ Rückſchläge in den Fadenalgentypus von höheren Pflanzen aus (Mooſe).

Beginnen wir mit dieſen, indem wir hier vorausſenden, daß die Mooſe aus Propagationszellen zunächſt einen Cylinderfaden bilden, welcher ſich verzweigt und ſo das Protonema bildet, ein Zweigſyſtem nach dem Algentypus, in welchem die einzelnen Glieder morphotiſch ungleichwerthig ſind.

Die aufeinanderfolgenden Generationen der Zellen nach dem Schema Fig. 45 übernehmen:

1⁰ verſchiedene vegetative Functionen, welche im Beginne nicht, ſpäter aber zum vollen Ausdrucke kommen. Hierher iſt zu rechnen nach Müller's (Thurgau) Unterſuchungen das Protonema der Mooſe (ſ. Tabelle oben S. 46).

Wir haben es im Sporenvorkeim zu thun mit einem Rückſchlag nach dem typiſchen Bau der Fadenalgen und im Zweigvorkeim mit einem ähnlichen Rückſchlag höherer Ordnung[1]), da hier ein vegetativer Zellenab-

---

[1]) Die Mooſe ſind in geſtaltlicher Beziehung von den Algentypen außerordentlich verſchieden. Sie zeigen aber wenigſtens in dem aus der Spore durch vegetative Theilung hervorgehenden Vorkeim algenähnliche Formen. Die Laubmooſe erzeugen durch vegetative Gliederung aus den beblätterten Zweigen ähnliche Vorkeime, an welchen durch weitere Gliederung neue beblätterte Moospflänzchen entſtehen. In der geſchlechtlichen Generation beſitzen die Mooſe geringen Anſchluß an die Algen. Als Schema der Verjüngung erhalten wir:

Spore .... Vorkeim
:
:
Seitenzweige an dieſem der erſten bis *n*ten Ordnung, an einem der Seitenzweige die Anlage der meiſt perennirenden Pflanze, an dieſer wieder aus der Rindenzelle der Zweigvorkeim, an dieſem endlich als vegetative Knoſpe die beblätterte Pflanze u. ſ. f.

kömmling wieder ähnliche vegetative Proceſſe ausführt, wie dieß die keimende Moosſpore thut.

Jede Kette, jeder Zweig in dem Syſtem, Fig. 45 *A* und *C*, zeigt alternirende Seitenzweiglein, jede Auszweigung letzter Ordnung zeigt wechſelnd nach links und rechts geneigte Wände, nach dem Schema für die Theilung im flachen Moosblatte geordnet (ſ. weiter unten. Es iſt Fig. 45 *A* und *B* mit Fig. 45 *E* zu vergleichen);

2⁰ erhebt ſich der Gliederfaden in dem Sinne, daß ein Individuum ſtreng männliche, das andere ſtreng weibliche Zellen ausbildet, Fig. 46, 47.

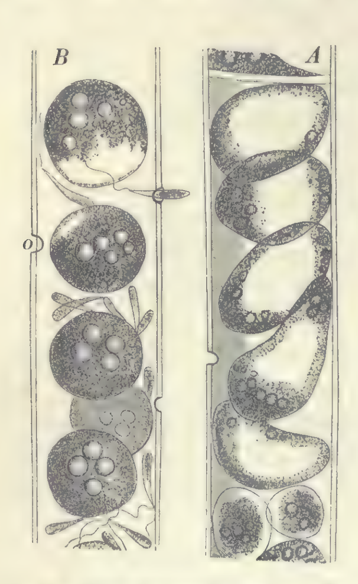


FIG. 46. Sphæroplea annulina. *A* eine weibliche Zelle mit zahlreichen Ooſporenanlagen. *B* dieſelben werden durch Spermatozoiden befruchtet, die bei *o* eindringen.

1. Sphæropleen.

Es möge die Sphæroplea[1]) hier als Beiſpiel gewählt ſein. Die männliche Zelle, Fig. 47, zerklüftet ſich in eine außerordentlich große Anzahl von Spermatozoiden, ſpindelförmige mit zwei am ſpitzen Ende ſtehenden Cilien verſehene Plasmakörper, welche die Mutterzelle durch einen Porus in der Wand verlaſſen und in die weibliche Zelle durch einen ähnlichen Porus eindringen, Fig. 46 bei *o*. Die weibliche Zelle differenzirt vor der geſchlechtlichen Miſchung ihren Plasmakörper in viele Ooſporen.

Die Sphæropleen werden von den Syſtematikern in den Verwandtſchaftskreis der Confervaceen zuſammengeſtellt, in dieſem aber befinden ſich jedenfalls mehrere Familien, welche unter ſich gar keinen genetiſchen und geſtaltlichen Anſchluß haben. Um in der

[1]) Sphæroplea ſteht im Syſtem unter den Conferven, wird aber nach der Entwicklung zu einer ſelbſtändigen Algengattung beziehentlich Familie zu erheben ſein. Die Geſchlechtszellen ſind bei den Sphæropleen den vegetativen ähnlich. Es ſind unverzweigte cylindriſche Zellenketten mit großen Vacuolen im Protoplasma, Fig. 47, 48. Dieſe Vertheilung des Protoplasma vergeht vor der Bildung der Geſchlechtszellen. In dem weiblichen Faden bilden ſich zahlreiche Keimbläschen. Die Wand der Cylinderzelle erhält Poren, durch welche die Spermatozoiden eindringen, *o* Fig. 46. Die männliche Zellenkette zerklüftet den Wandbeleg des Protoplasmas in zahlreiche Spermatozoiden, welche den Faden verlaſſen. Die befruchtete Keimzelle (Ooſpore) erhält eine derbe doppelte Membran, ſie ruht und entläßt nach der Ruhezeit zur Keimung mehrere Zooſporen, welche mit zwei Cilien verſehen im Waſſer ſchwärmen, ſich endlich beruhigen und zu einer ſpindelförmigen Zelle auswachſen, die beiden ſpitzen Endzellen an dieſem Gebilde werden abgeſtoßen. — COHN, *Développement du Sphæroplea annulina. Ann. d. sc. nat. Bot.* IV. S. V. Bd. S. 187. Königl. Ak. d. Wiſſenſch. Berlin. Mai 1855, hier ohne Tafeln.

nachfolgenden Schilderung der geſtaltlichen Erhebung im Zuſammenhang mit den Betrachtungen der Syſtematiker zu bleiben, möge hier eine Gruppirung der Hauptfamilien vorgelegt ſein:

2. Confervaceen.

I. Sphäropleen: Gliederfäden unverzweigt. Jede Zelle mit breitem Chlorophyllband. Männliche und weibliche Zellen mit zahlreichen Spermatozoiden und Eizellen. Die befruchtete Eizelle hüllt ſich ein, bildet bei der Keimung vier Zooſporen, welche nach dem Schwärmen zum vegetativen Faden auswachſen. (Entwicklungsgeſchichte abgeſchloſſen.)

II. Glöoſphäreen: unverzweigte kurzgliedrige Fäden, Chlorophyll gleichmäßig vertheilt, Fortpflanzung durch den Zerfall in die vegetativen Glieder, nachdem dieſe zu Sporen angeſchwollen ſind. [Glœoſphæra, RABENHORST; Glœotila, KZG. gehören jedenfalls zu den Schizophyten.] (Entwicklungsgeſchichte nicht abgeſchloſſen.)



FIG. 47. Sphæroplea annulina. Der Plasmakörper in zahlreiche Spermatozoiden zerklüftet, die bei *o* austreten.

III. Conferven: hier ſind unverzweigte Mikrospora, Conferva, Rhizoclonium und unverzweigte Cladophora, Chandransia und Chroolepus zuſammengeſtellt. Die Vermehrung iſt bei einigen durch Zooſporen bekannt, die geſchlechtliche Vermehrung im Allgemeinen unbekannt (ſ. unten).

IV. Oedogonien: die geſchlechtliche Generation bekannt. Entwicklungsgeſchichte bis auf die Keimung der Ooſporen abgeſchloſſen (Oedogonium, Bulbochæte, ſ. im Text unten).

V. Ulothricheen (Ulothrix): cylindriſche aſtloſe Zellenfäden oder verzweigt. In ſtrahligen Colonien (Chætophora), Entwicklungsgeſchichte bei einigen bekannt: Ulothrix, KZG., Hormidium, KZG., Schizogonium, KZG., Mikrothamnion, NÄG., Stigeoclonium, KZG., Draparnaldia, DE BARY, Gongrosira, KZG., Chlorotylium, KZG., Coleochæte, BRÉB., Chætophora, SCHRANK.

VI. Ulvaceen: flache vielgeſtaltige Lager, grün und roth, vegetative Entwicklung nicht bekannt. Süßwaſſerformen: Protoderma und Prasiola; Meeresformen nach NÄGELI: Enteromorpha und Porphyra, nach ENDLICHER: Tetraspora, Bangia, Stigonema, Zignoa, Ulva, Porphyra.

Mit Beſtimmtheit müſſen aus dieſem Verwandtſchaftskreis herausgenommen werden alle in den letzten Jahrzehnten genauer unterſuchten Formen zu ſelbſtändigen Formenkreiſen (Familien):

1° Sphäropleen (ſ. im Text);
2° Oedogonieen;
3° Cladophoreen;
4° Draparnaldieen;
5° Ulvaceen.

Wir legen in Hinſicht der Ulvaceen das Hauptgewicht darauf, daß die Flächenkörper, wie ſie dieſer Formenkreis darſtellt, überhaupt höher in der natürlichen Verwandtſchaft zu ordnen ſind[1]).

---

[1]) J. VON HANSTEIN ordnet die Algen in einem für Vorleſungszwecke zuſammengeſtellten Schema in drei Stufen, unter der Vorausſetzung, daß ein genetiſcher Zuſammenhang beſtehen müſſe:

3. Ulothrix zonata.

Für Ulothrix zonata liegt in der neueren Literatur eine eingehende monographiſche Arbeit von Dodel-Port vor. Nach dieſer enthält Ulothrix drei verſchiedene Generationen. Die Fadengeneration: unverzweigte, kurzgliedrige Zellenfäden, in welchen man leicht die aufeinanderfolgenden Zellengenerationen, bis etwa zur dritten, an den etwas gallertartig gequollenen Zellhäuten, an drei ineinandergeſchachtelten Convoluten erkennt. Dieſe ſind auf ungeſchlechtlichem Wege aus Zooſporen entſtanden. Sie ſind verſchieden in Bezug auf ihre Abſtammung. Sie beſtehen aus Fäden, welche von Makrozooſporen entſtanden ſind, vorzugsweiſe im Herbſt und Winter die Art erhalten und vermehren, und der zweiten oder Mikrozooſporengeneration, welche an die vorhergehende anſchließt. Die entlaſſenen Mikrozooſporen entwickeln ſich nach dem Schwärmen ſofort zu einem wurzelnden, gegliederten, langſam heranwachſenden Pflänzchen, wenn der geſchlechtliche Act verfehlt wurde. Kommen die Mikrozooſporen aber zur Copulation, ſo ziehen ſie zunächſt die Cilien ein, umziehen ſich mit einer feſten Membran, der rothe Pigmentkörper geht verloren. Die Membran bildet einen kurzen cylindriſchen Wurzelſchlauch. Die Vegetationsproceſſe ſind von nun ab außerordentlich verlangſamt. Die Zygoſporen ruhen und keimen in der nächſten Vegetationsperiode nach mehreren Monaten. Sie theilen ſich in mehrere (bis zu 10—12) Zooſporen, welche zum Theil ſchon in der kugligen Schale der Zygoſpore keimen.

Auch die Mikrozooſporen keimen, häufig ſchon in der vegetativen Zelle, zu kleinen Pflänzchen, welche vor dem Austritt aus dem Schlauch drei- bis vierzellig und von ſpindeliger Form ſind. Stellen wir, ſoweit der Umriß dieſes Handbuchs es geſtattet, die von Dodel[1]) gefundenen Entwicklungsgeſchichten in der Zeit und mit Berückſichtigung der Formen zuſammen.

Ein Raſen von Ulothrix enthält verſchiedene Cylinderfäden, lang- und kurzgliedrige. Die ausgebauchten Glieder theilen ſich in zwei, vier, acht, oder indem in der geometriſchen Reihe in einer der Zellen die Theilung unterbleibt, auch in drei und ſieben Zellen. Die längergliedrigen und meiſt geradläufigen Fäden bilden in je einer Zelle zwei Makroſporen, welche die Cylinderwand durchbrechen und ausſchwärmen. Die Propagation iſt hierdurch von einem einzigen Raſen aus eine unermeßliche. Die Makroſpore iſt ein ſphäriſcher, hüllenloſer Plasmakörper mit vier am ſpindeligen Ende entſpringenden Cilien, einer pulſirenden Vacuole und einem linſenförmigen, rothen Pigmentkörper, ſonſt faſt homogen bis auf das hyaline Cilienende mit Chlorophyll verſehen. Die Keimung der Zooſpore geht kurze Zeit nach dem Schwärmen vor ſich. Die Cilien werden eingezogen. Das Cilienende wird zum Wurzelfaden, ſo wie bei den Mikrozooſporen.

Schema der Evolution für den Uebergang von einem nach dem zweiten Jahre (nach Dodel's Unterſuchungen):

I. Untere Stufe.

Urform: Protococcaceen.

Bacillariaceen, Conjugatae, Palmellineen, Siphonier, Nostochineen.

II. Mittlere Stufe.

Urform: Confervineen.

Ulvaceen, Confervaceen, Chätophoreen, Coleochäten, Sphäropleaceen, Oedogoniaceen.

Obere Stufe, ſ. weiter unten bei Florideen.

[1]) Eine Arbeit, welche, wie der Herr Verfaſſer berichtet, fortlaufend über vierzehn Monate ſich erſtreckt.

Frühling des gegebenen Jahres. Zoofporen.
Vegetative Pflanze

Zoofpore

Vegetative Pflanze

Mikrozoofpore

Makrozoofpore
u. f. f., durch diefe Generationen werden die vegetativen Rafen über den Winter erhalten.

Copulirte Mikrozoofporen, werden encyftirt und ruhen mehrere Monate, bei der Keimung werden mehrere Schwärmzellen gebildet, welche endlich zu vegetativen Pflanzen auswachfen. Uebergang in die zweite Vegetationsperiode.

Nichtcopulirte Mikrozoofporen, wachfen fofort zur vegetativen Pflanze, welche wiederum Makrozoofporen hervorbringt.

§ 7. Cylinderfäden, Antheridien und Oogonien einfachsten Baues.

1. Vaucherieen.

Die morphotifch höhere Gliederung kommt in der vegetativen Anlegung den Vaucherien[1]) zu. Der einzellige vegetative Faden, *A* Fig. 48, bildet zwei Zweige, der eine von fphärifcher Geftalt, das Oogonium, der andere von Cylinderform, das Antheridium. Das Antheridium, bei *a* durch eine Wand abgefchieden, bildet zahlreiche Spermatozoiden, welche in das Waffer entlaffen werden. Das Oogonium ift ebenfalls durch eine Wand von dem vegetativen Faden getrennt, es öffnet fich und entläßt zur Zeit der Gefchlechtsreife eine Schleimmaffe aus der Befruchtungskugel und empfängt fodann die Spermatozoiden. Nach der Mifchung umzieht fich die

[1]) Der Entwicklungscyclus der in Süßwaffer, Bächen und Sümpfen, in großen grünen Rafen, aber auch auf feuchter Erde wachfenden Vaucherien ift diefer: die keimende Oofpore bildet aus dem Endosporium, nachdem das Exosporium zerriffen ift, den vegetativen, zunächft einzelligen, zuweilen verzweigten, mehrere Centimeter langen Faden, welcher an der feften Unterlage des Wohnortes, an Steinen, Holzfaffungen u. dergl. feftwächft. Die Vaucherien find zum Theil an feuchten Orten erdebewohnend. Eine feitliche Ausftülpung wird zum Antheridium, eine andere zum Oogonium, die befruchtete Oofpore ruht und keimt in der nächften Vegetationsperiode.

Ooſpore mit einer feſten Membran, welche ſich in zwei Schalen (das Endosporium und das Exosporium) differenzirt.

Antheridium und Oogonium ſind Verwandte erſten Grades zu dem einzelligen vegetativen Faden.

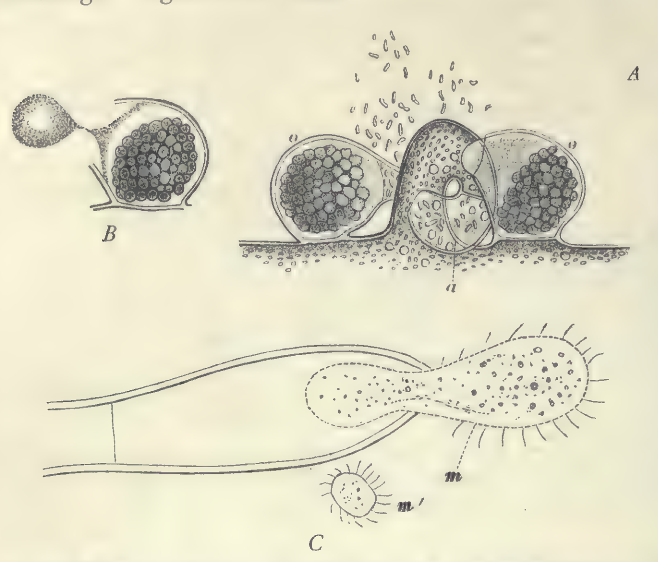


Fig. 48. Vaucheria sessilis. *A o o* zwei Oogonien, *a* ein Antheridium während der Befruchtung. *B* das Oogonium öffnet ſich und entläßt aus einer Papille eine hyaline Schleimmaſſe. *C* austretende Zooſpore der Vaucherien.

Der vegetative Faden theilt außer der geſchlechtlichen Generation noch Endzellen ab, aus deren Plasmakörper eine Zooſpore (ſ. Syſtematik der Algen und Fig. 48) entſteht, welche, aus der Zelle entlaſſen, eine Zeit lang im Waſſer ſchwärmt, um endlich zu einem vegetativen Faden zu keimen.

In den einfachſten Formen der Vaucherien iſt ſomit die ganze Entwicklung durch dieſes Schema ausgedrückt, wenn wir von einer Ooſpore der vorhergehenden Generation ausgehen: das Endosporium der Ooſpore wächſt zu einer einzigen cylindriſchen Zelle mit oder ohne vegetative Seitenzweige. Durch eine Scheidewand wird eine Mutterzelle für die Zooſpore abgeſchieden. Seitenzweige der erſten Ordnung werden zu Oogonien und Antheridien:

Ooſpore
|
vegetative Zelle —— Ooſpore ruht in der nächſten Periode, vegetative Pflanze u. ſ. f.
Zooſpore
|
vegetative Pflanze u. ſ. f.

Die Vaucherieen ſind mit mehreren anderen Formen zu dem Verwandtſchaftskreis, Ordnung der Siphoneen zuſammengeſtellt. Nach Endlicher:

2. Siphoneae, Schlauchalgen, das Lager (Laub) aus einer verästelten Röhrenzelle ein- oder mehrzellig.

a) Caulerpeen.

Die vegetative Form iſt von einem einzigen Zellenhohlraum eingeſchloſſen, welcher vielfach verzweigt iſt. Eine Stammzelle, von der Dicke eines Federkieles, bildet

Auszweigungen, welche als Wurzeln, andere vielfach verzweigte oder gefiederte, welche als Blatt functioniren. Die Gattung Caulerpa ift fowohl was die vegetative Form angeht, als auch in der anatomifchen Structur der Zellhaut, eines der intereffanteften Objecte unter den niederen Pflanzen. Alle Arten find durchweg Meeresbewohner[1]).

b) Acetabularien.

Einröhrige Algen, Meeresbewohner. Die vegetative Form ift eine Stielzelle, von welcher aus ein Strahlenkranz von Zoofporen bildenden Zellen entfpringt. Eigenthümlichfte Gattung Acetabularia mediterranea, LAMOUR., Halymeda verzweigt gegliedert.

Nach anderen Autoren find die Vaucherieen mit den Botrydiaceen zufammengeftellt (f. oben fyftemat. Zufammenftellung S. 50).

c) Botrydiaceen.

Einzellige, große (bis mehrere Millimeter), kuglige oder birnförmige, an der Erde mit mehreren Ausftülpungen wurzelnde Zelle, in Colonien, welche fich durch Keimzellen vermehren. Diefe entftehen durch freie Zellbildung des Plasma der Mutterzelle und werden nach dem Vergehen der Mutterpflanze frei. Botrydium, WALLROTH, Traubenalge, auf feuchten fchlammigen Orten, Aeckern, Sumpfrändern u. a. m.

NÄGELI ftellte in dem von ihm entworfenen Algenfyftem die Vaucherieen mit den Bryopfideen zufammen. (Neuere Algenfyfteme. Zürich, Fried. Schultheß. 1847.)



FIG. 49. Caulerpa prolifera. Querfchnittsparthie der Stammzelle. (SCHACHT, Ueber Zellftofffäden. PRINGSH. Jahrb. Bd. III, S. 339.)

d) Bryopsis LAM.[2]).

Diefe Meeresalge ift eine typifche Form, einzellig mit zahlreichen Auszweigungen bis zur dritten Ordnung. In der anatomifchen Structur ift ein Anfchluß an Caulerpa durch die an der Wand entfpringenden Zellftoffbalken vorhanden. Die Zweige zeigen Spitzenwachsthum und bilden in akropetaler Folge die begrenzt wachfenden cylindrifchen Zweigausftülpungen (Blätter). In diefen entftehen die Zoofporen. Die Wuchsform der mehrere Centimeter langen Pflänzchen erinnert an den pyramidalen Bau der Fichte.

---

[1]) Die Figur 49 veranfchaulicht die anatomifchen Verhältniffe der Stammzelle der Caulerpa prolifera. Läßt man das Flächenftückchen *e i* der Membran wandern bis es einen Kreis befchreibt, fo erhält man den Ringquerfchnitt der Stammzelle, die Membran ift in diefem in zwei Schichten, *e* Exine, *i* Intine, differenzirt. In der Nähe von *e* entfpringen die Zellftoffbalken, welche vielfach verzweigt durch den Hohlraum der Zelle verlaufen und dort ein Gerüft zur Befeftigung des Syftems herftellen. Die Schichtenconvolute der Stammzelle ftehen nicht in Verbindung mit den Schichten der Zellftoffbalken.

[2]) PRINGSHEIM, Ueber die männlichen Pflänzchen von Bryopsis. Sep.-Abdr. aus dem Berliner Akad.-Ber. (f. oben Literaturzufammenftellung).

Vor der Bildung der Schwärmsporen schließen sich die Fiederäste der ersten und zweiten Ordnung durch die Bildung einer nachträglich entstehenden Zellwand von den tragenden Zweigen ab, das Protoplasma gruppirt sich in netzförmigen Zeichnungen und zerfällt schließlich in die Makro- oder Mikrogonidien. Jede dieser Fortpflanzungszellen ist an eine besondere Pflanze gebunden (Diœcie). Die Mikrogonidien sind schmalspindelig, an dem spitzen Ende der Spindel mit zwei Cilien und einem sphärischen Pigmentfleck am stumpfen Ende. Die Makrogonidien breitspindelig, am Cilienende hyalin, am entgegengesetzten Ende mit Chlorophyll und einem rothen Pigmentkörper. Die Copulation beider Sporenformen ist nicht mit Sicherheit bekannt. Die Makrogonidien hüllen sich in eine kuglige Zellhaut, nachdem sie die Schwärmzeit hinter sich haben, und keimen nach einiger Ruhe zu vegetativen Pflanzen aus.

§ 8. Cylinderfäden, nächste Erhebung der Geschlechtsapparate, Oogonien, die Antheridien z. Th. aus Zwergmännchen.

1. Oedogonium.

Von jetzt ab steigert sich der morphotische Unterschied der beiden Geschlechter mehr und mehr, indeß bei stetem Vorkommen von geschlechtsloser Verjüngung. Die letztere sei zunächst bei Oedogonium[1]) geschildert.

Die junge Keimpflanze öffnet mit einem zierlichen Klappenapparat den festen Schlauch und entläßt einen hochorganisirten Schwärmer, die Zoospore, welche im Wasser mit Hilfe eines Wimperkranzes schwärmt, sich endlich an den Ufern mit einem Wurzelende festsiedelt. Die Zellmembran wächst, entläßt bald wieder die ganze Plasmamasse als Zoospore der zweiten Ordnung oder wächst zum vegetativen Faden aus[2]) (Theilung der Oedogonien, s. Bd. I, § 10, S. 60).

Die vegetative Zellkette bildet aus bestimmten Zellen Oogonien, aus andern Antheridien oder schwärmende Androsporen, von welchen als Abkömmlinge höherer Ordnung die männlichen Keimerreger ausgehen.

Zuerst tritt hier ein Klappenapparat, *A* Fig. 50, auf durch ein unregelmäßig ringförmiges Zerreißen der Zellwand. Durch diesen wird die männliche Geschlechtszelle frei. Auch das Oogonium öffnet sich durch einen Klappenapparat oder durch die noch merkwürdigere Bildung eines Porus in *A* Fig. 51. Diese Ausbildung der Klappen und Poren geht mit

---

[1]) Die Oedogonien sind Süßwasseralgen mit deutlich differenzirtem Chlorophyllkörper. Die Fäden sind regelmäßig septirt in Cylinderstücke, deren Wachsthum durch Zerreißen der Zellhaut vor sich geht (s. Bd. I, S. 60), genauer untersuchte Gattungen sind Oedogonium und Bulbochæte (s. oben Systematische Uebersicht der Algen, S. 50).

[2]) In den vegetativen Fäden der erwachsenen Pflanze entstehen mehrere Zoosporen. Sie werden frei, indem der Zellenfaden an dem Ende in der Nähe der Querwand zerbricht, Fig. 53.

dem männlichen Apparat durch als Formkeim und kommt ſpäter in dem Pollen der Phanerogamen wieder zum Vorſchein, ſo vor Allem in dem Pollen der Oenotheren und der Cucurbita (Bd. I, S. 72).

Bei den Oedogonien iſt der ſchwärmende männliche Keimerreger, Fig. 50, 51, ein viel entfernterer Verwandter, ſelbſt wenn er aus demſelben vegetativen Gliederfaden hervorgeht. Bei einigen Arten aber wird die Differenzirung noch weiter getrieben. Die Gliederzellen, Fig. 51, entlaſſen einen männlichen Schwärmer, welcher nach einiger Zeit des Schwärmens in der Nähe des Oogoniums, *a* Fig. 51, zu einem eigenthümlichen Zwergmännchen feſtwächſt, in welchem die Befruchtungserreger entſtehen.

Für den directen Vorgang der geſchlechtlichen Befruchtung können wir dementſprechend zwei Reihen unterſcheiden:

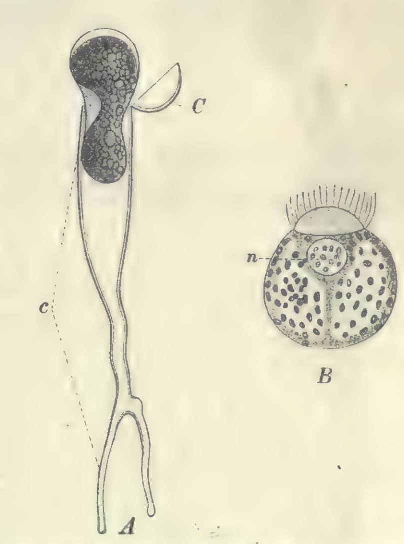


Fig. 50. *A* iſt ein ſpäterer Zuſtand einer ſoeben gekeimten Schwärmſpore, der protoplasmatiſche Inhalt verläßt, nachdem ein Klappenapparat *c* geöffnet, wieder die feſte Hülle als Schwärmſpore der zweiten Ordnung. *B* freie Schwärmſpore mit dem Nucleus *n* und einem Kranz von Cilien am hyalinen Ende. (Pringsh. Jahrb. Bd. I, Zur Morphologie der Oedogonien.)

I. Reihe (ohne Zwergmännchen).

In dem vegetativen Faden entſtehen durch vegetative Zelltheilung zunächſt mehrere Mutterzellen der Androſporen, deren Plasmakörper ſich in ſchwärmende Mannſporen (Androſporen) umbilden. Dieſe werden entlaſſen, ſchwärmen und ſchlüpfen ſofort in den Raum des Oogonium.

II. Reihe (mit Zwergmännchen).

Ein vegetativer Faden bildet neben den langgliedrigen Zellen kurzgegliederte, in welchen die Androſporen entſtehen. Die ausgeſchlüpfte Androſpore gelangt in die Nähe des in der Ausbildung begriffenen Oogoniums, bildet ein männliches Pflänzchen (Zwergmännchen), welches ſich an dem Oogonium anſiedelt. Es gliedert ſich in mehrere Zellchen, deren Inhalt als ein mit 2—4 Cilien verſehener Keimerreger entlaſſen wird. Dieſer ſchlüpft durch einen Porus in das Oogonium, zerfließt an der Peripherie der Plasmamaſſe oder dringt in dieſe ein. Hierauf umzieht ſich dieſe (als Ooſpore) mit einer feſten Membran.

Die Keimung der Ooſpore iſt bei Oedogonium nicht bekannt, dagegen bei der ähnlichen Bulbochæte, hier wird die äußere Membran

geſprengt, der Inhalt ſegmentirt ſich in der inneren in vier Schwärmſporen, welche nach kurzem Schwärmen keimen.

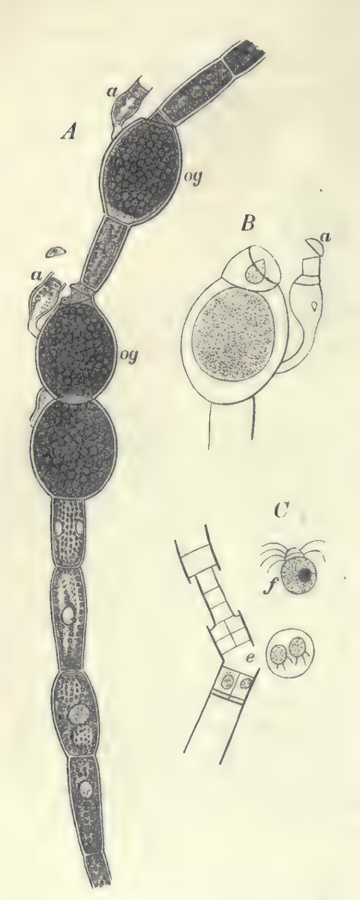


Fig. 51. *A* ein Theil eines jungen Pflänzchens von Oedogonium ciliatum, zwei befruchtete Oogonien *og*, zwei Zwergmännchen *a*. *B* ein Oogonium unmittelbar nach der Befruchtung, *a* das Zwergmännchen, welches die obere Zelle mit einem Deckel geöffnet und von dort einen Befruchtungskörper entlaſſen hat. *C* Oedogonium gemelliparum, männliches Pflänzchen, in *e* tritt eine Zelle mit zwei Samenkörpern aus, in *f* ein ſchwärmender Samenkörper.

Hiſtologiſche Züge.

Von hiſtologiſchem Intereſſe iſt in der Entwicklung der Algen darauf hinzuweiſen, daß die Zellhaut in verſchiedener Weiſe zum Zerreißen gebracht wird, Fig. 53. Sie quillt zur Zeit der Geſchlechtsreife und verliert ihre Feſtigkeit, ſo daß die ebenfalls quellende Maſſe der austretenden Schwärmzellen, Spermatozoiden, Zooſporen und Ooſporen der Fucaceen an dem Ort des geringſten Widerſtandes den Zellenraum verlaſſen können, oder ſie bricht mit glatter Ringſtelle ab, ſo bei den Oedogonien. Dieſes klappenartige Zerreißen kommt ſpäter hie und da in den Pollenzellen der Phanerogamen nochmals vor. Das Wachsthum innerer Zellhäute, nachdem die peripheren mit glatter Bruchfläche zerriſſen ſind, kommt nochmals vor bei Diphyscium foliosum in den Paraphyſen. Es iſt beachtenswerth, daß in dieſen in der Nähe der Geſchlechtsapparate ſtehenden Cylinderketten ein hiſtologiſcher Zug zum Ausdruck kommt, welcher zur Entwicklung der Geſchlechtsapparate der Mooſe in gar keiner erweislichen Beziehung ſteht, während er bei den Algen eine bedeutende mechaniſche Rolle ſpielt (ſ. Fig. 175, Bd. I d. Hdb.). Auch die Durchwachſung entleerter Zellen iſt eine bei den Algen häufig vorkommende Erſcheinung, welche nur noch an den Wurzelhaaren der Marchantieen in neuer Zeit von Kny beobachtet wurde, in allen höheren Verwandtſchaftskreiſen nicht mehr vorkommt.

2. Bulbochæte, Agardh.

Dieſe in dem Sexualacte mit Oedogonium zunächſt verwandte Gattung zeigt ſchon eine erhöhte Differenzirung. In dem vegetativen Körper finden

ſich Zweige verſchiedenen Ranges. Die Zweige erſten Ranges ſind Cylinderketten, welche ſich an dem baſiſkopen Ende der Zelle des tragenden Aſtes

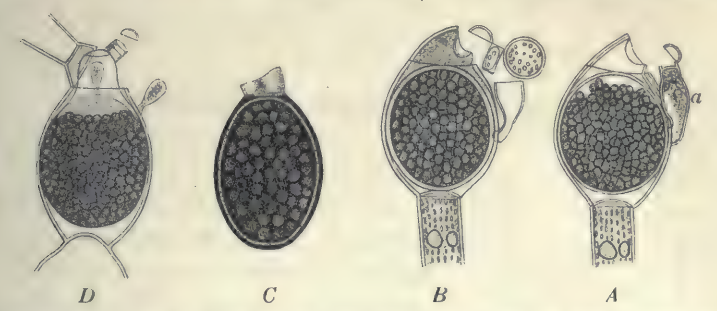


Fig. 52. Oedogonium ciliatum. *A* Oogonium mit dem anſitzenden Männchen *a*, wenige Stunden nachdem dieſes ſeinen Deckelapparat geöffnet und ein Spermatozoid in die Oogonienmündung entſendet hat. *D* Oogonium im Moment der Befruchtung. *B* 60 Stunden nach der Befruchtung. *C* völlig reife von dem Mutterfaden abgefallene Ooſpore. (Pringsh. Taf. IV, B. I.)

von Neuem verzweigen. An den Zweigen der letzten Ordnung dieſer entſpringen an demſelben Orte kurze zwiebelartig verdickte Zellen, welche in eine lange Borſte auslaufen. Die Oogonien entſtehen aus den Zellen der

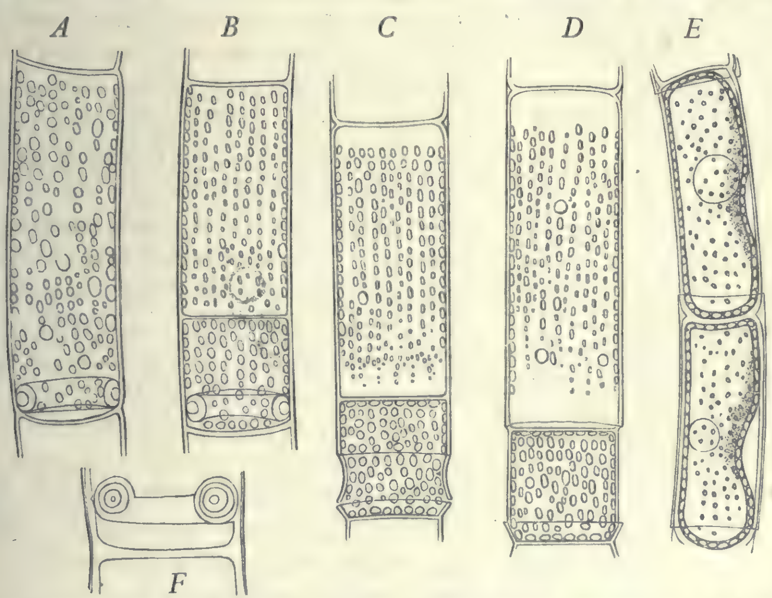


Fig. 53. Oedogonium tumidulum. Ein fertig gebildeter Celluloſering (nach Strasburger). *A* die Zelle, welche ſich zur Theilung anſchickt, hat den Celluloſering gebildet, ſ. *F* bei ſtärkerer Vergrößerung. *B* die Zelle hat ſich getheilt. *C* die Wand iſt geriſſen, der Ring iſt zum Cylinderſtück ausgezogen. *D* die Mutterzelle hat ſich bis zur Rißſtelle geſtreckt. *E* zwei Schwärmſporen bildende Zellen, die obere iſt die jüngere.

Zweige des erſten Ranges. Die keimende Zooſpore von Bulbochæte bildet zunächſt eine einzige Zelle, welche ſogleich in den borſtenförmigen Fort-

ſatz auswächſt, welcher der vegetativen Pflanze ihren eigenthümlichen Formcharakter verleiht. Sodann erſt theilt und verzweigt ſich der angeſchwollene chlorophyllführende Theil der Zelle.

§ 9. Verzweigtes System von Zellenketten.

1. Cladophoren.

Die niederſte Stufe zur Erhebung nach dem Baumſyſtem der Phanerogamen liegt in den nach dem Typus der Cladophoren wachſenden Algen[1]) (ſ. Syſtemat. d. Algen). Fig. 54 *A* iſt eine Zellenkette, in welcher jedes Glied ſich nach früher betrachteten Modalitäten theilt. Jedes Zellglied vermag einen Zweig nach und nach auszubilden, *a b c* Fig. 54, welcher ſich durch eine zu ſeiner Axe normal geſtellte Querwand von dem tragenden Aſte trennt, α β γ. In dieſer Weiſe entſtehen zahlreiche Zweigſyſteme der Algen, welche zunächſt zu den Confervaceen gerechnet werden. — Der nächſte Schritt der Erhebung macht ſich darin kenntlich, daß das Syſtem terminal dichotomiſch ſich gliedert, und endlich wächſt der vegetative Körper mit einer Scheitelzelle derart, daß dieſe in akropetaler Folge neue Gliederzellen anlegt, aus welchen ebenfalls in akropetaler Folge die Seitenzweige ſich differenziren. Indeß können die beiden letzten Modalitäten auch in einem Syſtem vereinigt ſein, z. B. bei Draparnaldia, Chantransia, Batrachospermum. Die Formen, welche ſich dieſem Verzweigungsmodus unterordnen, nehmen im Syſtem indeß verſchiedene Stellung ein. Wir erhalten als Beiſpiele:

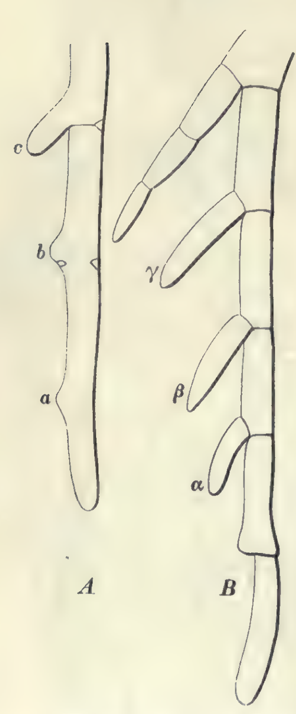


Fig. 54. Cladophora glomerata. *A* Zellenfaden, welcher ſich zur Theilung anſchickt, *a b c* die Stellen, an welchen die Querwände auftreten. *B* derſelbe Faden mit den in akropetaler Folge auftretenden Seitenzweigen. Jede Querwand entſteht als Ringleiſte, deren optiſcher Durchſchnitt in *b* Fig. *A* dargeſtellt iſt. Gleichzeitig macht ſich die Anlage des Zweiges als Wulſt bemerklich, welcher über die Cylinderwand ein Weniges vorſpringt. (Nach H. v. Mohl, verm. Schriften.)

[1]) Die geſchlechtliche Vermehrung der in allen Flüſſen vorkommenden, verzweigten, in großen Raſen wachſenden Cladophoren iſt bis jetzt nicht bekannt. Sie vermehren ſich durch Zooſporen und dadurch, daß jede vegetative Zelle ſich im geeigneten Zeitpunkt abgliedern und zu einem neuen Individuum ausbilden kann, an welchem ſich ein Axen- und ein Wurzelende differenzirt.

2. Uebersicht der Gliederung.

I. Dichotome Gliederung in flachen Lagern aus den Randzellen:

a) Phycopeltis, Palmellaceen, Fig. 58.
b) Batrachospermum in den letzten Auszweigungen.

II. Akropetale Folge der Cylinderglieder, akropetale Folge der Seitenzweige bis zur dritten und vierten Ordnung:

a) Chantransia, Desv., Conferven. Gliederfäden veräftelt, durch Sproffung in den Gliederzellen in Rafen wachfend. Zellinhalt zum Theil durch das rothe Pigment der Florideen, zum Theil mit Chlorophyll gefärbt, an feuchten Moosrafen, Waldquellen, an Bächen. Die Fortpflanzung gefchieht durch Zoofporen, welche an den Endzellen der letzten Auszweigungen entftehen.

b) Draparnaldia. Die Pflanze wächft in mehrere Centimeter großen Rafen, das Syftem ift mehrfach verzweigt, die Gliederzellen der höheren Ordnung groß tonnen- oder cylinderförmig, das Protoplasma in einem hyalinen Wandbeleg, in zufammenhängenden Längsbändern, zu einem Gürtel vereinigt. Die Glieder bilden als letzte Zweigordnung büfchelig geftellte, fpindelförmige Zweige mit borftenförmigem Fortfatz. (Erfte Anlage der Kurztriebe, Fig. 57). Das ganze Zweigfyftem wurzelt an Steinen in Gebirgswaffern und ift von einer hyalinen Gallerte eingehüllt. Vermehrung durch Zoofporen.

c) Chætophora. Das Syftem zum Theil in akropetaler Folge äftig, die Zweige der letzten Ordnungen find dichotomifch gruppirt und wie Draparnaldia in den Endgliedern mit einem Borftenfortfatz verfehen, wächft in wenig Centimeter großen Rafen, an Holz und höheren Wafferpflanzen wurzelnd. Die Kurztriebe find nicht fo auffallend von den Zellen der Zweige verfchieden, wie bei Draparnaldia. Die ganze Pflanze ift in eine Gallertmaffe eingebettet, in welcher bei einigen fphärifche Maffen von kohlenfaurem Kalk abgefchieden werden. Vermehrung durch Zoofporen mit vier Cilien, welche aus den Gliederzellen der Zweige höherer Ordnung ausfchlupfen.

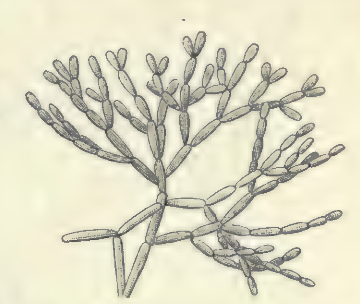


Fig. 55. Batrachospermum moniliforme (Florideen). Das Zweigfyftem, aus vier Ordnungen beftehend, ftellt die letzten Auszweigungen der ganzen Pflanze dar, welche in dem Hauptftamm berindet, etwa aus 10—15 Zweigordnungen zufammengefetzt ift. Die Hauptaxe und die herrfchenden Seitenaxen niederer Ordnung wachfen mit terminaler Zellentheilung, wahrfcheinlich mit einer einzigen Scheitelzelle.

III. Verzweigte Syfteme ohne deutlich akropetale Folge der Glieder und Zweige.

Hierher gehören zahlreiche Formen der Algen, welche unter den Confervaceen zufammengeftellt wurden. Wir betrachten hier nur: die Chroolepideen (Chroolepus, Agardh). Die Pflanze ift veräftelt in dickwandige Gliederzellen. Ein gelbes Pigment ift an fphärifche Plasmakörper (ähnlich den Chlorophyllkörnern) gebunden. Diefe Algen leben an Baumrinden und Mauern, find Luftalgen, entlaffen Zoofporen aus Sporangien, welche aus einer Gliederzelle durch Anfchwellung entftehen, oder aus befonderen einzelligen Behältern, welche als Seitenzweige aus den Gliedern hervorfproffen. Die Zoofporen bilden Gonidien, welche in dem Flechtenthallus Aufnahme finden.

Eine Pflanze wie Batrachospermum[1]), von welcher in Fig. 55 nur die Zweige höherer Ordnung graphiſch feſtgehalten wurden, wird in ihrer Entwicklung auf die Reihe Fig. 58 zurückgeführt werden können, wo in *a* der erſte Zuſtand, *b* beginnende Theilung, *c* vollendete Theilung, *d e f*. Wiederholung des Vorganges dargeſtellt iſt. Jede Zweiganlage wächſt ſpäter durch wiederholte Querwandbildung.

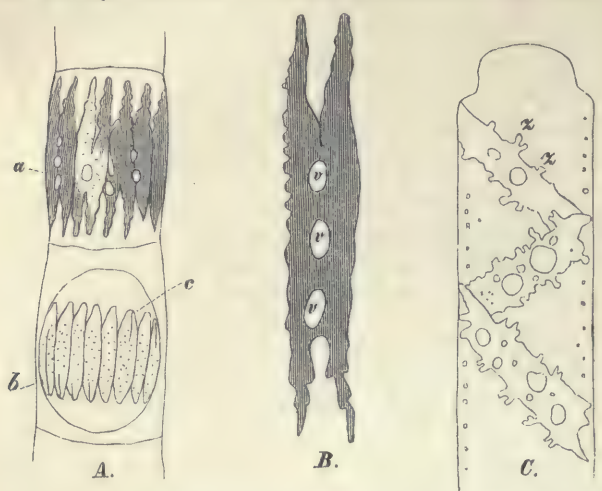


Fig. 56. *A* zwei Gliederzellen der Draparnaldia, *a* vor, *b* nach der Behandlung mit verdünntem Glycerin, *c* die contrahirte Hautſchicht, Wandbeleg. *B* zwei Bänder chlorophyllführenden Plasmas, aus *A* ſtark vergrößert, *v v* Vacuolen oder ungefärbte Parthien des Wandbelegs. *C* Theil einer Zelle der Spirogyra, ein Schraubenband des chlorophyllführenden Plasmas mit beweglichen ſehr kleinen Vorſprüngen.

In ſolchen Zweigſyſtemen, wie die von Batrachospermum und Draparnaldia, kann eine Richtung als Axe bevorzugt ſein. Die Zweige höherer Ordnung ſind ſchwächer und ſinken herab in der Verjüngung, das Syſtem iſt mit ihrer Ausbildung ausgewachſen. Ein ſolcher Zweig wird zum Kurztrieb[2]). Wir behalten dieſe Bezeichnung bei, ſie

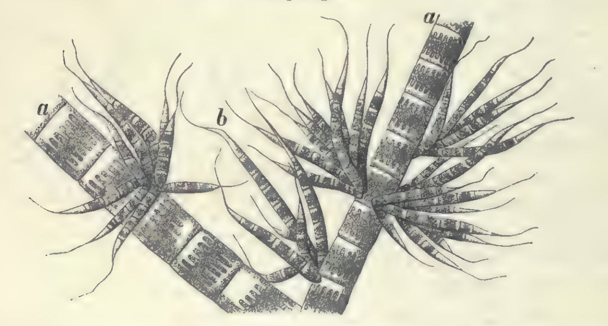


Fig. 57. Draparnaldia glomerata. Hauptzweige dritter Ordnung *a*, an welchen Seitenzweige *b*, vierter Ordnung, ſtehen, welche in haarfeine Fäden auslaufen (Kurztriebe).

[1]) Batrachospermum, in Gebirgswaſſern, mehrere Centimeter bis Decimeter große, ſchleimige Algenmaſſe mit außerordentlich reicher Gliederung, nach den Unterſuchungen des Grafen Dr. zu Solms-Laubach mit den Florideen verwandt (ſ. weiter unten).

[2]) Der Ausdruck iſt der Morphologie unſerer Waldbäume entlehnt, dort bezeichnet man mit «Kurztrieb» jeden Sproß, welcher verkürzte Interfolien zeigt und dadurch geſtaltlich von dem Sproß mit langen Interfolien abweicht, gleichgültig, ob der Kurztrieb von langer oder kurzer Vegetationsdauer iſt. — Bei den höheren Pflanzen gliedert ſich der Vegetationspunkt, ſo daß zu jedem Blatte ein Axillarſproß angelegt wird. Die Zahl der letzteren wird dadurch ſo geſteigert, daß es nicht mehr in dem Vermögen des Stockes ſteht, alle auszubilden. Zwei Stufen der Entwicklung ſind hier zu betrachten:

ift in den neueren Monographieen von PRINGSHEIM eingeführt, eine genauere Definition wird indeß doch am Platze fein.

3. Der Kurztrieb.

Diefe Bezeichnung ift auch bei den Algologen hergeleitet von der kürzeren Dauer der Verjüngungsfähigkeit in der Endzelle oder Scheitelzelle. Ein im Scheitel des Haupttriebes entftandener Seitenzweig functionirt einige Zeit wie der Haupttrieb, bald aber erlifcht das Vermögen, in feiner Scheitel- oder Endzelle diefelben Verjüngungen auszuführen, namentlich von Neuem Zweiglein

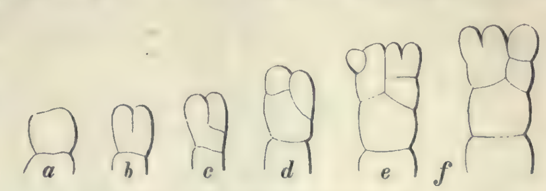


FIG. 58. Phycopeltis epiphyton[1]). Bruchftück einer Pflanze mit Kalilauge behandelt, um zu zeigen wie fie fich in dichotomifche Fäden auflöft. *a* vor der Theilung, *b* mittleres Stadium, *c* nach der Theilung der Scheitelzelle, *d e f* fpätere Stadien. (MILLARDET.)

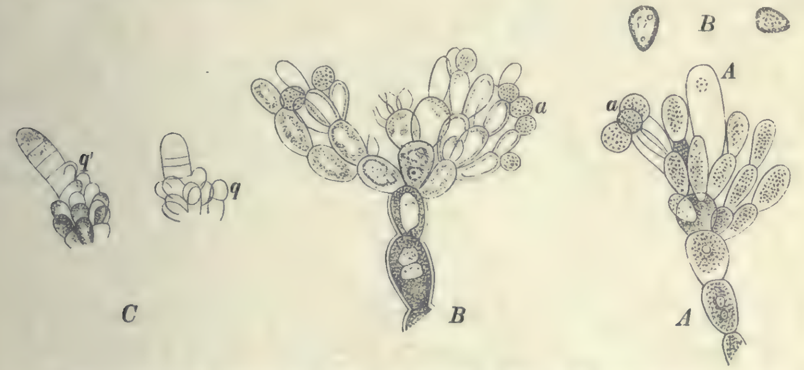


FIG. 59. Batrachospermum moniliforme, Claffe der Rhodophyceae, Familie der Batrachofpermeen, nach SOLMS-LAUBACH. *A* ein Fruchtzweig, dicht gedrängte Kurztriebe zu einem glomerulus (Knäuel) vereinigt. Bei dem Druck auf das gelatinöfe Zweigfyftem diefer Frofchlaichalge können die glomeruli leicht aus den vegetativen Zweigen hervorgepreßt und ifolirt werden. *a* Antheridien, bei *A* ein fehlgefchlagenes Trichogyn, B ifolirte Befruchtungskörper. *B* diefelbe Pflanze, ähnliches Zweigfyftem, bei *a* reife Antheridien, in einem mittleren Endzweiglein vier leere Zellenhäute der Antheridien, aus welchen die Befruchtungskörper ausgetreten find. *C* Scheitel der Haupttriebe in der Längsanficht, *q* die Quirlanlagen der Seitenzweige.

I. der Axillarfproß bildet nur wenige, 2, 3, 5 Laubblätter und erlifcht im erften Jahre. Pinus. Er bildet zahlreiche Laubblätter und erlifcht. Cedrus, Larix. Nur eine kleine Zahl der zu folchen Kurztrieben umgewandelten Axillarfproffen vermögen fich dauernd und durch viele Vegetationsperioden zu verjüngen, werden zu Langtrieben.

II. Der Axillarfproß öffnet und fchließt feine Knofpe viele Jahre hindurch und bildet alljährlich Laubblätter, die Interfolien find auffällig verkürzt: die Gattungen Pyrus, Cratægus und bei den Papilionaceen: Caragana als lehrreiche Objecte.

III. Die Blüthe der Phanerogamen ift ein Kurztrieb.

IV. Die vegetativen Zweige der Algen, welche zu Zoofporangien und Antheridien oder Oogonien umgebildet werden, find Kurztriebe.

V. Die Antheridien und Oogonien (Archegonien) der Charen find Kurztriebe.

[1]) Phycopeltis epiphyton, Palmellaceen, von MILLARDET genauer befchrieben.

höherer Ordnung zu bilden. Die End- oder Scheitelzelle (bei den Sphacelarien z. B.) kann zuletzt ſelbſt ſich zu einem Zellengebilde von ſehr bedeutender Länge ſtrecken, geht dabei freilich als Scheitel- oder Verjüngungszelle ein. Solche Kurztriebe des Algenkörpers können immerhin bedeutende relative Länge, gegenüber den dauernd thätigen oder Langtrieben erreichen. Es iſt ſomit nicht die Kürze des Maßes, ſondern diejenige der Zeit, in welcher der Trieb verjüngungsfähig iſt, welche die Bezeichnung definirt.

In der Fig. 59 iſt in *C* der Scheitel des Hauptſproſſes von Batrachospermum dargeſtellt. Die Froſchlaichalge iſt von den niederen Algenformen nach den höheren fortſchreitend in der That die erſte Form, in welcher eine abſolute Differenzirung in der Knoſpenrichtung ſtattfindet. Die erſten Ausſtülpungen bei *q q'* ſind Anlagen zu den Seitenzweigen, bis zu der fünften und ſechſten Ordnung wächſt jeder dieſer Zweige wie der Hauptſproß, in den höheren und letzten Ordnungen aber, Fig. *A* und *B*, geht die Fähigkeit dauernder und gleichartiger Verjüngung verloren, die Zweiglein werden zum Theil in Antheridien und Oogonien (Trichogyne) umgebildet, die Nachbarzweiglein dieſer erfahren ebenfalls rückwirkend von dem geſchlechtlichen Act eine abweichende Entwicklung in der Zeit und in dem Maß der Ausbildung (ſ. in den nächſten Abſchnitten).

---

§ 10. Verzweigte Cylinderketten mit akropetaler Folge. Oogonien und Stammzellen nackt oder berindet.

Wir haben nun bei den einfacheren verzweigten Gebilden der Florideen noch zu verweilen, um die ſexuelle Generation zu betrachten. Hier kommen Vorgänge in Betracht, welche in aufſteigender Richtung ſo gut wie gar keinen Anſchluß beſitzen, weder bei den Charen, Mooſen, noch bei Gefäßpflanzen kommt ein ähnlich complicirter geſchlechtlicher Act vor, wie bei der von Bornet und Thuret unterſuchten Dudresneya. Cöleochæte und Batrachospermum zeigen einfachere Einrichtungen in dieſer Hinſicht.

a) Batrachospermum[1]).

Die vegetative Gliederung in der Nähe der Endigung eines Aſtes geſchieht durch Ausſtülpungen nach dem Schema, Fig. 58, die Quirlanlagen

---

[1]) Graf zu Solms-Laubach: Ueber die Fruchtentwickelung von Batrachospermum, Bot. Ztg. 1867.

treten zuerſt als kleine Wärzchen q' über die Oberfläche der tragenden Zellenkette, Fig. 59 *C*. Die Entwicklung der Seitenzweige geſchieht von

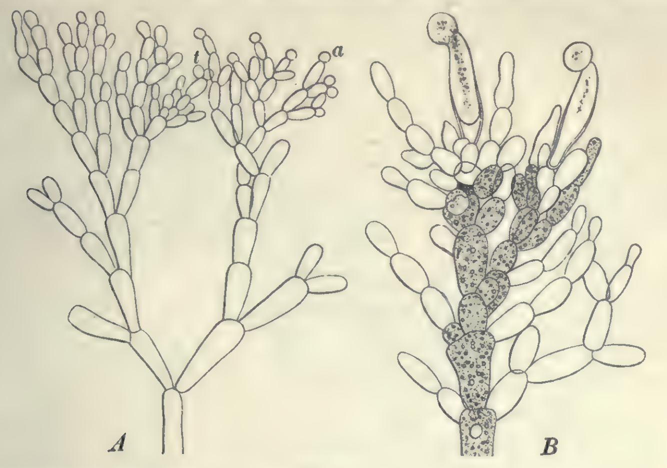


Fig. 60. **Batrachospermum moniliforme.** *A* **Auszweigungen der 5.—6. Ordnung, in den letzten Zellengliedern werden in** *a* **die Antheridien, in** *t* **die weiblichen Apparate (Trichogyne) angelegt.** *B* **dieſelbe Pflanze bei ſtärkerer Vergrößerung mit drei Ordnungen von Zweigen. Auf dem Syſtem befinden ſich zwei Trichogyne, das linke vor, das rechte während der Befruchtung, dort haftet ein Samenkörper als kugliche Plasmamaſſe am Scheitel des Trichogynes.** *C* **drei Zwiſchenquirlſtücke, das obere nicht berindet, in den beiden unteren wachſen ſoeben noch die angeſchmiegten Seitenzweige längs der Stammzelle hin. Die Berindung iſt noch nicht vollendet.**

dem unteren älteren Theile der Pflanze nach dem oberen jüngeren Theile zu (akropetale Folge). Die bis decimeterlangen vegetativen Körper von Batrachospermum ſind in den oberen Theilen der Stämme und Aeſte nicht berindet. Die Berindung der unteren Zwiſchenquirlſtücke, Fig. 60 *C* in *a* und *b*, geſchieht ſo, daß von den zahlreichen Aeſten eines Quirles mehrere ſich an die Stammzelle anſchmiegen und mit ihr verwachſen.

In Folge davon erſcheinen die älteren Stammglieder ſo berindet, wie wenn die Gliederzelle ſelbſt die Rindenſchicht durch Zelltheilung abgeſchieden hätte. Dieſe Entwicklung gewinnt in vieler Hinſicht Aehnlichkeit mit der Bildung der berindeten Charenſtämme (ſ. unten) und kommt auch bei einigen meerbewohnenden Florideen vor.

Die Antheridien ſind letzte Zellenquirle, ſie öffnen ſich zur Zeit der Geſchlechtsreife und entlaſſen die Samenkörper, Fig. 59. Der weibliche Apparat, das Trichogyn, iſt eine ſpindelförmige Endzelle, mit ihr copulirt der Samenkörper, Fig. 60 *B*.

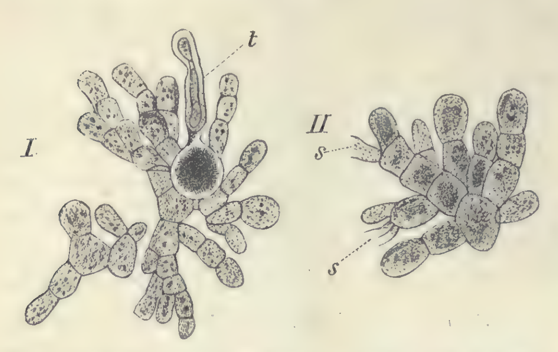


Fig. 61. Batrachospermum moniliforme. *I* Trichogyn und die es umgebenden Fruchtzweige aus dem Glomerulus iſolirt. *II* Fruchtzweig aus dem Glomerulus, *s s'* entleerte Sporenmutterzellen.

Nach der Befruchtung entwickeln ſich zahlreiche Sporangienzellen zu einem Glomerulus, jede Sporangienzelle entläßt eine Spore.

Die ſexuelle Miſchung bewirkt hier nicht die directe Anregung der Propagationszelle (Eizelle), ſondern es wird dadurch die Entwicklung der durch vegetative Theilung entſtehenden Sporangienzellen erſt veranlaßt. Dadurch aber iſt eine Analogie mit der Befruchtung bei Pyronema confluens[1]) gewonnen, mindeſtens in Bezug auf die directe Wirkung der ſexuellen Miſchung. In beiden Fällen geht aus der befruchteten weiblichen Zelle, dem Trichogyn hier, der Makrocyſte dort, das Ausſaatobject nicht direct hervor, ſondern es wird die Wirkung auf zunächſt belegene Zellenglieder übertragen, welche zur Weiterentwicklung angeregt werden.

Die Gattung Batrachospermum iſt in den Syſtemen in verſchiedenen Verwandtſchaftskreiſen untergebracht:

Nach Endlicher:

B. Phyceae (zweite Gruppe der Algen).

I. Vaucheriae.

4 Batrachospermae in der directen Nähe der Ectocarpeen, Daſycladeen u. a. m.

Nach Kützing:

A. Isocarpeae.

B. Kryptospermeae.

39 Batrachospermeae.

Man erſieht hieraus, daß von einer Uebereinſtimmung in deren Angaben der älteren Syſtematik mit denjenigen der Entwicklungsgeſchichte in keinem Sinne die Rede ſein kann. Die Batrachoſpermen ſchließen ſich zunächſt an einige der Gattungen an, welche zu den Florideen gerechnet werden.

---

[1]) Siehe weiter unten unter «Pilze», § 13.

b) Coleochæte.

Die vegetative Pflanze ist ein verzweigtes Lager[1]), welches am Ende der Zellenglieder quirlförmig gestellte Antheridienzellen bildet, Fig. 62. Das



Fig. 62. *I* Coleochæte pulvinata, vollständige Pflanze, *a* Antheridium entleert, *b* Oogonium vor der Berindung, welche beginnt. *II* Coleochæte divergens, Parthie eines fructificirenden Exemplares, *b* Oogonium mit beginnender Berindung. *III* Coleochæte, Antheridien und Spermatozoiden.

Oogonium ist eine kugelige Zelle mit langem haarförmigem Fortsatze, Trichogyn. Durch die Oeffnung desselben dringt das Spermatozoid, Fig. 62 *III*, ein, nachdem es an der Spitze des Trichogynes festhaftete.

Nach der Befruchtung wachsen mehrere Zellen um das Oogonium. Dasselbe wird berindet und ruht in diesem Zustande.

Die Folge der Befruchtung ist hier ein Reiz, welcher auf die dem Trichogyn benachbarten Zellen ausgeübt wird. Diese wachsen und hüllen allmälig die eiförmige Zelle ein, so entsteht das Cystocarp, Fig. 63, womit die Entwicklung zunächst für eine Generation abgeschlossen ist.

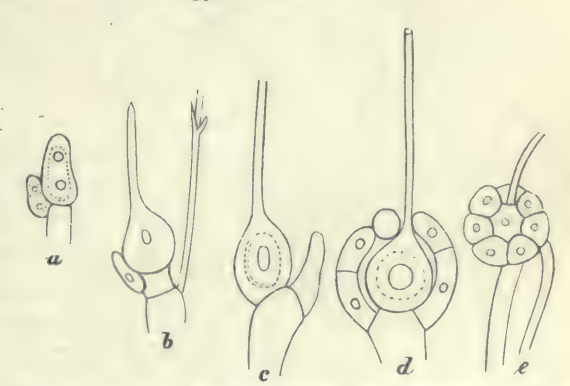


Fig. 63. Coleochæte. Entwicklungsreihe der Trichogynfrucht, halbschematisch. *a* Trichogynanlage vor der Befruchtung, *c d e* nach derselben mit allmäliger Ausbildung der Rindenschicht.

---

[1]) Oder die vegetativen Körper sind Zellenplatten, welche durch Verschmelzung seitlich verzweigter Fäden entstehen. Die Coleochäten werden nach Rabenhorst zu den Ulotrichineen gerechnet, zu welchen sie jedenfalls geringe Verwandtschaft zeigen.

Die vegetativen Formen ſind entweder polſterförmige verzweigte Raſen oder halbkreisförmige und kreisrunde Scheiben, welche aus der Zooſpore entſtanden ſind, deren urſprünglicher Ort bei der Keimung in das Centrum des Lagers zu verlegen iſt. Die kreisförmigen Lager wachſen mit ihren Randzellen dichotomiſch. Die Coleochäten beſitzen neben dem Trichogyn zahlreiche Borſtenzellen wie Bulbochæte. Sie leben im Süßwaſſer, in Sümpfen und Teichen, beſiedeln höhere Waſſerpflanzen mit 4—8 mm im Durchmeſſer großen Lagern. In der älteren Syſtematik der Algen ſind die Coleochäten zu den Confervaceen (Rabenhorst, Endlicher, Nägeli) gerechnet.

c) Dudresneya (ſ. Syſtemat. d. Algen, Florideen).

Die vegetative Gliederung iſt hier gegenüber den Proceſſen der Befruchtung einfach. Durch vegetative Theilung werden zunächſt fruchtbildende Zweige angelegt, Fig. 64 *F.*

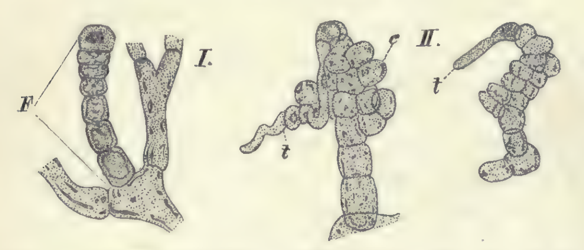


Fig. 64. Dudresneya purpurifera. *I* fruchtbildender Zweig vor der Befruchtung *F*. *II* der Befruchtungsapparat, *t* das Trichogyn, im Anfang ein geradläufiges Haar, ſpäter ſpiralig gewunden (nach Bornet).

Während der Ausbildung dieſer entſtehen die Trichogyne an andern Zweiglein letzter Ordnung derſelben Pflanze.

Nach der Befruchtung der Trichogynzelle (durch Spermatozoiden) treiben die Quirlzellen in der Nähe der Trichogynzelle lange Schläuche, welche der Reihe nach mit den Endzellen jener fruchtbildenden Zweige copuliren, Fig. 65 *II.*

Ein ſolcher Faden *c* verwächſt nach und nach mit dem Fruchtſchlauch *F'''*, *F''*, *F'*, *F*. Dieſe Reihe zeigt auch die Weiterentwicklung. Der copulirende Schlauch ſchwillt nach der Verwachſung an, er theilt ſich und es entſteht ſo das Cyſtocarp, womit die Entwicklung abſchließt.

Hier ſind alſo drei morphotiſche Proceſſe zu unterſcheiden:

1⁰ Differenzirung der weiblichen (Trichogyne) und der männlichen Zellen, Antheridien;

2⁰ Ausſchlüpfen der Samenkörper und Befruchtung der Trichogyne;

3⁰ Anlegung der Fruchtanlage zum Cyſtocarp auf differenten Zweigen;

4⁰ Auswachſen der Zellen in der Nähe des Trichogynes in Folge der ſexuellen Miſchung unter 2⁰ und Berührung dieſer agreſſiven Copulanten mit der Fruchtanlage;

5⁰ Umſchlingung und Berindung des Cyſtocarpes in Folge der Berührung.

Vergleichen wir die Entwicklung von Batrachospermum und Dudresneya, ſo ergibt ſich als gemeinſchaftlicher Zug: die Fortpflanzungszellen entſtehen nicht direct aus der befruchteten weiblichen Zelle, ſondern als entferntere und nachträglich erſt anzulegende Verwandte aus der nächſten Nähe des weiblichen Behälters (Trichogyns):

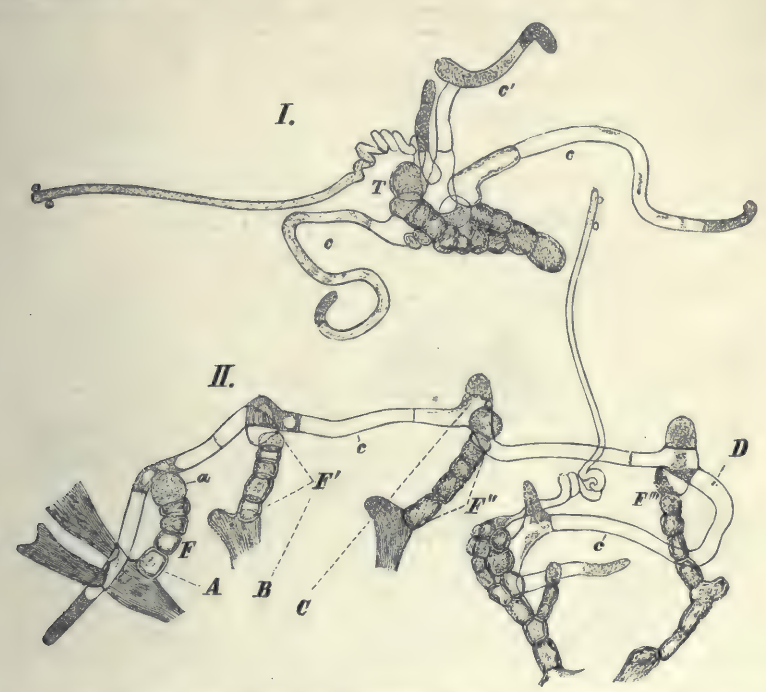


Fig. 65. Dudresneya purpurifera. *I* Zuſtand des Trichogyns nach der Befruchtung durch die Samenkörper; die Nachbarzellen des Trichogyns haben in *c c'* Befruchtungsſchläuche getrieben, welche mannigfach gewunden ſind. *II* ein Trichogyn iſt mit anhaftenden Samenkörpern zwiſchen den Fruchtäſten F'' und F''', von demſelben geht ein Befruchtungsſchlauch *D* nach dem Fruchtzweig F''', von dieſem geht ein ſolcher nach F'' F' *F*, *C* die Anfangszelle des Cyſtocarpes, *a* die Endzelle des Fruchtzweiges, welche mit dem trichogynbürtigen Schlauch *c* copulirt. (Nach Bornet, *Fécond. d. floridées, ann. d. sc. nat. V. T. VII.*)

Batrachospermum.

Die Samenzelle entſtammt einer vegetativen Zweigzelle der letzten Ordnung.	Das Trichogyn iſt eine Zweigzelle der letzten Ordnung.

Nachdem das Trichogyn den Samenkörper aufgenommen hat, entwickeln ſich tiefer ſtehende vegetative Zweigzellen zu Sporangien. Das Trichogyn ſelbſt erfährt keine weitere Umbildung.

Dudresneya.

I. Aus einem vegetativen Zweig der letzten Ordnung, Fig. 64, entwickelt ſich das Trichogyn mit ſehr langer gewundener Haarröhre.

II. An einem Zweig ähnlicher Ordnung entwickeln ſich die Antheridien, welche die Samenkörper entlaſſen.

III. Das durch die Samenkörper befruchtete Trichogyn betheiligt ſich an den weiteren Vorgängen nicht, wohl aber entwickeln ſich die in einem Glomerulus tiefer ſtehenden nächſten Verwandten in Folge des vom endſtändigen Trichogyn ausgehenden Reizes zu langen Befruchtungsſchläuchen.

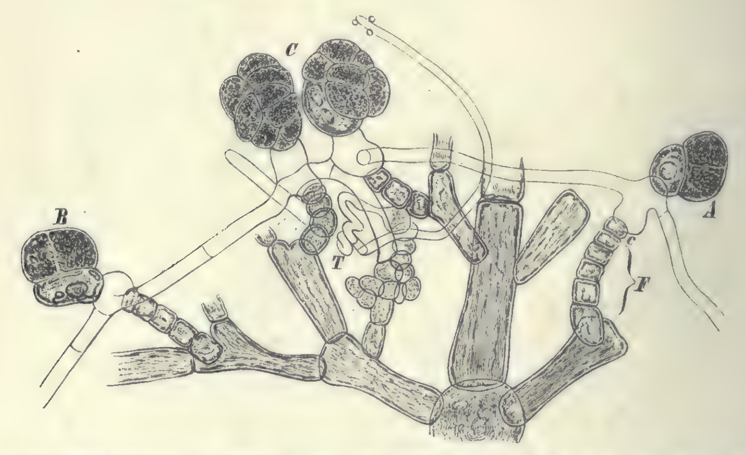


Fig. 66. Dudresneya purpurifera. Zuſtand der Pflanze nach der Copulation im Beginn der Bildung des Cyſtocarps. Im Ganzen ſind an drei Auszweigungen *A B C* die entſprechenden Fruchtzweige, ſ. *F* bei *A*, gegenſeitig in Verbindung, vergl. Fig. 65, aus den copulirten Zellen der Fruchtzweige und der Verbindungsſchläuche hat ſich das Cyſtocarp gebildet, *C* der Ort der Copulation in einem der Fruchtzweige, *T* das Trichogyn mit anhaftenden Samenkörpern. (Bornet, *Fécond. d. floridées, ann. d. sc. nat. V. Bd. VII.*)

IV. Gleichzeitig mit den Vorgängen in I. und II. bilden ſich an Zweigen letzter Ordnung, in Form von kurzgliedrigen Zellenketten, die Fruchtäſte, Fig. 64.

V. Die Befruchtungsſchläuche copuliren mit der Endzelle dieſer Fruchtäſte in der Weiſe, daß die Endzelle ab- oder eingeſchnürt wird, in der Vereinigungsſtelle entſteht unter Mitwirkung beider Zellen, nach wiederholter Theilung beider, das Cyſtocarp, Fig. 66.

Das Cyſtocarp iſt ſomit das Endproduct der zweifachen Befruchtung 1⁰ ſolcher durch geſchlechtliche Miſchung der Plasmamaſſen von «Samenkörper und Eizelle im Trichogyn» und 2⁰ der Copulation des Fruchtaſtes mit

dem Schlauch, welcher aus der Nähe des Trichogyns hervorgeht. Dasfelbe ift das Endproduct des Wachsthums und der Theilung von vier Zweiggenerationen, nämlich: Antheridium, Trichogyn, Befruchtungsfchlauch und Fruchtaft.

Einfachere Vorgänge der gefchlechtlichen Mifchung können mit Leichtigkeit nach der Entwicklung der Coleochæte (f. oben S. 119) und der Dudresneya für andere Florideen, z. B. Nemalion und Bornetia, verftanden werden. Bei diefen reducirt fich der Vorgang auf I. II. des Schema S. 122.

Nemalion und Bornetia.

I. Trichogyn als letzte Zweigzelle.	II. Antheridium als letzte Zweigzelle.

III. Nach der Uebertragung des cilienlofen Samenkörpers wird die Centralzelle des Trichogyn von den verwandten älteren Nachbarzellen eingehüllt zum Cyftocarp.

Diefe ftellen fomit die niedere Stufe des gefchlechtlichen Actes dar. Aus der vorftehenden Entwicklung ergibt fich, daß die Gattung Batrachospermum mit einem Theil der Gattungen der Florideen vereinigt werden muß.

Die Entwicklungsgefchichte der vegetativen Form und der Fortpflanzungsorgane reicht bis jetzt nicht aus, um ein ftreng wiffenfchaftliches Syftem, ein folches, welches auf die Genefe gegründet ift, aufzubauen, die heterogenften Formen find felbft in den neueren Lehrbüchern und Leitfäden zu Familien, Ordnungen und Verwandtfchaftskreifen zufammengeftellt[1]). Andererfeits reicht das Material an neueren Quellenarbeiten über die Entwicklung der Meeresalgen nicht über hie und da herausgegriffene Formen hinaus.

---

[1]) In einem für Vorlefungszwecke zufammengeftellten Schema ordnet J. von Hanstein die höheren Algen in diefem Sinne:

Obere Stufe.

Fucinen:	Florideen:
Ectocarpeen,	Batrachofpermeen,
Sphacelarieen,	Bangiaceen,
Laminarieen,	Ceraniaceen,
Fucaceen,	Lemaniaceen,
Cyrtofeireen.	Dictyoteen,
	Sphærococceen,
	Rhodomeleen,
	Melobefieen,
	Corallineen.

Vegetative Gliederung und Syſtematik der Florideen.

(Rodospermae, HARVEY. Florideae, J. AGARDH-ENDLICHER. Choristospermae, DECAISNE. Algae heterocarpeae, KÜTZING.)

Die vegetative Gliederung, ſowie die Fortpflanzung von einigen Unterfamilien der Florideen iſt genauer unterſucht. Es wird aber trotz der Uebereinſtimmung in der ſexuellen Fortpflanzung doch dahin kommen, daß man die hier zuſammengeſtellten Formen in geſonderte Verwandtſchaftskreiſe trennt. In der äußeren Form und Gliederung herrſcht hier gerade die größte Abweichung in den weiteſten Grenzen der Form.

1⁰ Ceramieen.

(Ceramium, ADANS. Spyridia, HARV. Ptilota, AG. Dudresneya, Bonnemaisonia, Callithamnion, LGB. Griffithsia, AG. Wrangelia, AG.)

Die Ceramien gehören noch zu dem Typus der verzweigten Cylinderketten mit deutlichem Scheitelwachsthum, bis zur 5.—6. Ordnung verzweigt entſtehen die Sporangien ſeitlich aus dem Scheitel des Seitenſproſſes. Den Ceramien fehlt diejenige Berindung des gegliederten, durch eine Scheitelzelle wachſenden Stammes, welche durch Theilung, Fächerung der Stammglieder entſteht. Kommt die Berindung vor, ſo entſteht ſie durch das Anſchmiegen der Wurzelfäden (Rhizidien, ſ. Batrachospermum, Fig. 60 *C*). Hervorragend ſchöne und reichgegliederte Formen[1]) ſind Ceramium rubrum, C. ciliatum von der Mittelmeerküſte[2]), C. rubrum von der Nordſee. Die höchſte Ordnungszahl erwachſener Raſen der letzteren Alge überſteigt nicht 8—10. Die Gattung Ceramium zeigt in ihrer Gliederung das Vorkommen von Sympodien, namentlich an den Aeſten, welche Sporangien tragen, und auch in den vegetativen Zweigen von C. ciliatum.

Zu vergleichen iſt hiemit die mittlere Stufe (ſ. S. 104 oben). NÄGELI (Neuere Algenſyſteme) bringt die ſämmtlichen Algen, einſchließlich der Flechten, in zwei Claſſen.

A. Algae:	B. Florideen:
Palmellaceae,	Ceramiaceae,
Nostochaceae,	Delesseriaceae,
Bangiaceae,	Nitophylleae,
Mesoglœaceae,	Dellesseriae,
Zygnemaceae,	Rhodomeleae,
Protococcaceae,	Rhodomeniaceae,
Valonieae,	Plocamieae,
Confervaceae,	Chondreae,
Lichenaceae,	Gracilarieae,
Exococcaceae,	Lomentariaceae,
Vaucheriaceae,	Phyllophoraceae.
Bryopsideae,	
Codieae,	
Zonariaceae,	
Chantransieae,	
Padinae,	
Fuceae.	

[1]) Ueber Scheitelwachsthum und Generation, ſ. NÄGELI, a. a. O. 198 für Callithamnion, NÄGELI und CRAMER, Pflanzenphyſ. Beiträge über Ceramium.

[2]) Ich verdanke eine den Anforderungen morphologiſcher Studien entſprechende Sammlung von Florideen der Güte des verſtorbenen Profeſſors ROSANOFF (in Cherbourg geſammelt) und des Herrn Dr. THILENIUS (in Nervi bei Genua geſammelt).

Die geschlechtliche Vermehrung ist von BORNET und THURET beobachtet (*Ann. d. sc. nat. 1867, Fécondation des floridées*) bei Ceramium, Wrangelia, Callithamnion.

Die Keimung der Tetrasporen für Ptilota ist neuerdings von PRINGSHEIM beobachtet[1]). Die Keimung vollzieht sich zuweilen schon in dem Lager vor dem Austritt der Sporen.

Die Favellae sind metamorphe halbkuglige Sprosse ohne Scheitelzelle aus den höheren Zweigen des Florideenlagers. Die Zellen, welche später frei werden und zu vegetativen Pflanzen neu keimen, entstehen durch Theilung innerhalb einer Rindenschicht von mehreren Zellenlagen.



Fig. 67. Dudresneya purpurifera, nach BORNET. An zwei Zweiglein der dichotomisch verästelten Pflanze sind weibliche Geschlechtsapparate (Trichogyne) entwickelt *t t*, die übrigen Zweige sind vegetative.

2⁰ Dellesserieae.

Delesseria, LAMOUR. Odonthalia, LYNGB. Sphærococcus, GREV. Bonnemaisonia, AG. Gelidium, LAM. u. a. m.

Im äußeren Habitus ist hier Delesseria auffällig, bei welcher ein horizontaler Stamm, mit blattähnlichen, prächtigen Flächengebilden versehen, vorkommt, bei anderen Arten ist der berindete Stamm an den letzten Auszweigungen dichotom mit geflügelten Zweiglein versehen, sonst blattlos. Die Stämme sind geschichtet, die Sporenbehälter sind in den vegetativen Körper eingesenkt.

Die vegetative Gliederung am Scheitel[2]) führt immer zuerst dahin, daß die Axenzelle des ersten Grades von vier Rindenzellen umgeben ist, welche sich später weiter theilen, der Hauptunterschied mit der vorhergehenden Familie liegt in der durch Fächerung entstehenden Berindung. Delesseria besitzt einen berindeten Stamm und Blattgebilde mit einer Mittelrippe, welche noch eine Ordnung von Seitennerven aufweist. Bei D. alata[3]) ist die Blattfläche verzweigt, die letzten Zweiglein dichotomisch. Die Blattrippe ist aus mehreren großen, nicht gallertartigen und farblosen Zellen geschichtet und von der gefärbten Rindenschicht in wenigen Zellenlagen umgeben. Zwischen beiden liegen Faserzellen zerstreut. Die Sporangien liegen außerhalb der großzelligen Axen (oder Medullarschicht). Gelidium[4]) zeigt flachgedrückte gracile Stämmchen bis zur 5. und 6. Ordnung verästelt. Die Axen wachsen mit einer Scheitelzelle, sind geschichtet, Medullar- und Corticalschicht[5]). Sphæro-

---

[1]) PRINGSHEIM, Beiträge zur Morphol. d. Meeresalgen. Königl. Ak. d. Wissensch. Berlin 1861. Die Tetrasporangien entstehen in den Rindenzellen, oder unter diesen entstehen durch Zelltheilung Conceptakeln mit vier der vegetativen Vermehrung dienenden, keimfähigen Zellen. Zur Zeit der Reife werden durch den Quellungsdruck die Sporen als nackte Plasmakugeln ausgestoßen.

[2]) NÄGELI, a. a. O. S. 212 über Delesseria, Zeitschrift für wissensch. Bot., 2. Heft, p. 121.

[3]) Mittelmeer.

[4]) Mittelmeer, Nervi bei Genua.

[5]) NÄGELI, a. a. O. S. 216.

coccus mit prächtig gegliederten, flachen Stämmen ſchließt ſich in der Geſtalt hier an[1]). Die Befruchtung iſt beobachtet, mindeſtens das Cyſtocarp in dem jungen Laub der Delesseria[2]), wo freilich das Trichogyn nur rudimentär iſt.

a) Nitophylleae.

Eine einzige Zellſchicht in der Fläche der blattartigen, gelappten, bis 10 cm großen Pflanzen, die Sporenbehälter liegen in der Ebene der Zellenfläche. Einzige Gattung Nitophyllum (Nordſee und Mittelmeer), das Trichophor in einer Spalte an der Fläche des Laubes, von Bornet und Thuret (a. a. O. S. 154) beobachtet.

b) Rhodomeleae.

Polysiphonia, Grev. Dasya, Ag. Alsidium, Ag. Digenia, Ag. Rhodomela, Ag. Rytiphlœa, Ag. Laurencia, Lamour.

Die vielverzweigten Stämme wachſen mit einer Scheitelzelle, welche zunächſt eine Reihe von Cylindergliedern bilden. In jedem Gliede entſteht durch mehrere Theilungen die Berindung, ſo daß meiſt fünf Rindenzellen zunächſt die Axenzelle umgeben. Die Sporenbehälter liegen außerhalb der Axenzelle im Lager eingeſenkt. Die Gattungen Polysiphonia, Rytiphlœa[3]) ſind von confervenartigem Wuchs: große bis fußlange Raſen, bis zur 10.—12. Ordnung verzweigt, die letzten Auszweigungen haardünne, gefiederte Blätter, braunrothe oder ſchmutziggrüne Farbe. Laurentia (Laurencia)[4]) florideenrothe, flache, ungegliederte Zellenkörper, an deren Auszweigungen haarfeine dichotome Fäden ſitzen, die Blätter. Das Wachsthum wird durch eine Scheitelzelle beſorgt, welche durch ſenkrecht zur Axe ſtehende Wände die Segmente bildet. Die gefiederten Blätter[5]) der Polyſiphonien entſtehen als Ausſtülpungen in der Nähe des Scheitels in akropetaler Folge und mit genauer ſeitlicher Divergenz. Eine der Zellen an der Blattbaſis wird zum Axillarſproß. Durch dieſe Entwickelung gewinnen die Polyſiphonien und Chondriopsis Anſchluß an die Characeen (ſ. weiter unten).

Der Stamm von Laurencia[6]) zeigt eine ausgezeichnete anatomiſche Gliederung. Jedes Glied bildet eine centrale Axenzelle, von dieſer ſtrahlen 5 Zellen, welche durch gelatinöſe Intercellularſubſtanz bedeutend gelockert ſind, an dieſe ſchließen ſich mit 10 Radien 10 Zellen, an dieſe wieder 20, an dieſe 40, an dieſe die Begrenzung mit 80 Zellen. Dieſe conſecutiven Generationen unterſcheiden ſich auch in der Länge parallel der Axe, inſofern die 5 Strahlenzellen die halbe Länge der Axenzelle, die 10 nächſten $^1/_4$, die 20 folgenden $^1/_8$ der Axenzelle meſſen. Die Sporenbehälter liegen unter der Rinde in regelmäßigen Abſtänden.

3⁰ Rhodomeniaceen.

Dieſe Gruppe beſteht aus mehreren Familien, deren vegetativer Körper aus Zellſchichten oder Zellkörpern beſteht, welche mit einer einzigen Scheitelzelle wachſen, die nächſten Theilungen in dieſer geſchehen durch ſchiefſtehende Wände, die Segmentirung ſchließt ſich an das Scheitelwachsthum der Mooſe an (ſ. weiter unten). Für flache Zellenkörper theilt ſich die Scheitelzelle durch wechſelnd nach links und rechts geneigte

---

1) Mehrere hervorragende Formen zum Theil mit ächter Dichotomie.

2) Bornet und Thuret, a. a. O. S. 154.

3) Nordſee und Mittelmeer.

4) Laurencia pinnatifida, Mittelmeer, Nägeli, a. a. O. S. 220.

5) Kny über Axillarſproſſe bei Florideen, Sep.-Abdr. 1875.

6) Nägeli, a. a. O. S. 220.

Wände, für cylindrische find die Wände um eine dreiseitige Scheitelfläche geordnet. Die Sporenbehälter liegen im Gewebe eingesenkt.

a) Plocamieen.

Plocamium, GREV. Thamnophora, AG.

Die vegetativen Aeste wachsen durch eine Scheitelzelle, welche Cylinderglieder abschnürt, die Sporen tragenden Zweiglein werden durch eine Scheitelzelle aufgebaut, welche geneigte Wände (ähnlich der Moosendknospe) bildet. Zierlich verzweigte, schön roth gefärbte Pflanzen in Rasen. Die Sporenäste liegen an der unteren Seite der vorletzten Auszweigung, den vegetativen Aesten gegenüber. Die Sproßfolge von Plocamium ist eine sympodiale, d. h. es erlischt ein gegebener Sproß in einiger Zeit und wird durch einen solchen von der nächst höheren Ordnung abgelöst[1]).

b) Chondreen.

Iridæa, BORY. Chondrus, GREV. Callymenia, AG. Gigartina, LAM. Rhodomenia, GREV. (Callibleparis, KTZG.) u. a. m.

In dieser Familie sind Gattungen mit flachen, blattartigen Stämmen und dichotomisch verzweigtem Rande, Callophyllis, und dichotome cylindrische Stämme, Chondrus, sowie flache, elliptische Lager, Iridæa vereinigt. Die Verzweigung schreitet bei manchen bis zur 12.—14. Ordnung fort. Das Wachsthum geschieht durch eine Scheitelzelle, welche nach dem Metzgeriatypus Wände wechselnd nach links und rechts abscheidet. Die Segmente theilen sich in Zellen des dritten Grades durch senkrecht zur Axe stehende Wände und ebenso durch solche, welche parallel der Axe stehen. Hierdurch wird der Zuwachs in Länge und Breite erreicht. Die Axen berinden sich: es entsteht eine Markaxenzelle und mehrere Rindezellen.

An der Grenze der Markaxenzellen liegen die Sporangien[2]). Unterscheiden sich von den Plocamien darin, daß die Theilung für vegetative und Sporen tragende Aeste die gleiche ist.

c) Gracilariae.

Furcellaria, LAMOUR. Halymenia, AG. Polyides, AG. Dumontia, LAM. Gracilaria, GREV. u. a. m.

Die Stämme sind dichotomisch, Furcellaria, oder in akropetaler Folge beästet, Gracilaria, untereinander von gleichem Wuchse. Das Scheitelwachsthum erfolgt durch eine dreiseitige (verkehrt pyramidale) Scheitelfläche. Die Segmente (oder Zellen zweiten Grades) entstehen durch Wände, welche parallel den drei Seiten derselben gehen. Das Dickenwachsthum wird in die Zellen zweiten Grades durch Wände vermittelt, welche nach allen drei Richtungen des Raumes gleichmäßig orientirt sind. Den Gracilarien mangelt die Axenzellschicht, welche bei den Chondren vorhanden ist[3]).

4° Lomentarieae[4]).

Lomentaria articulata vom Mittelmeer, dichte Rasen, bis zur 6.—8. Ordnung verzweigt. Die Zweige quirlständig mit wechselnd erweitertem und verengertem (gegliedertem) Laub. Die Hauptaxen, wenigstens die reproductiven, sind hohle Zellenkörper. Die Sporen-

---

[1]) S. KNY, a. a. O. S. 17. Vorzügliches Studienobject: Plocamium coccineum, Nordsee, s. NÄGELI, a. a. O. S. 228.

[2]) Eingehenderes Studium der Gattungen, s. NÄGELI, a. a. O. S. 234.

[3]) Eingehendes Studium der Anatomie der Gracilarien, s. NÄGELI, a. a. O. S. 241.

[4]) NÄGELI, a. a. O. S. 244.

mutterzellen im Gewebe der Wandung eingeſchloſſen. Die Entwickelungsgeſchichte iſt nicht abgeſchloſſen.

5° Phyllophoraceen[1]).

Peysonella, DECAISNE. Hildenbrandtia, NARDO. Phyllophora, GREV. Tylocarpus, KÜTZG.

Die Hauptaxen ſind Zellenkörper. Die Sporangien über der Außenfläche ſitzend oder geſtielt.

§ 11. Zweigsystem mit Scheitelwachsthum und einzigen oder mehreren Scheitelzellen.

Der nächſte Uebergang in der Erhebung der vegetativen Form führt zur Scheitelzelle, von welcher die Zellen der erſten Ordnung abgeſchieden werden. Dieſe bilden durch wiederholte Theilung den vegetativen Körper, während die Scheitelzelle den Proceß der Theilung von Neuem ausführt.

Eine ſolche Scheitelzelle kann dendritiſche, wirtelige und cycliſche Zweigſyſteme bilden, in welchen je eine Richtung vorherrſcht. In jedem Zweige kann wiederum eine dem tragenden Stamme ganz gleiche Gliederung erfolgen. Wir begegnen der Scheitelzelle und der Differenzirung in Lang-, Kurztriebe und Blätter zunächſt bei den Sphacelarien.

Durch die eigenthümliche Wuchsform, welche die akropetale Folge der Glieder des Stammes aus einer einzigen herrſchenden Scheitelzelle hervorbringt, wird ein Anſchluß von gewiſſen Formen der höheren Algen an die Characeen gewonnen.

Die Differenzirung geht bei dieſen in der Längsrichtung vor ſich, zweierlei Segmente werden hier abwechſelnd in ſteter Reihenfolge gebildet. Das eine wird zum Stammglied, das andere zum Zweigglied. Die morphotiſche Function des einen iſt den Stamm zu verlängern; die morphotiſche Function des andern iſt Zweige gleichen Ranges zu bilden; in ihm liegt der Keim der Hauptaxe, welcher auf Seitenaxen übertragen wird.

Die adaptive Bedeutung der Knoſpenanlage in Form einer Scheitelzelle tritt in folgenden Momenten hervor:

1° Gliederung, Wachsthum in der einen Richtung (Fortwachſen an der Spitze der Zweige unſerer Bäume). Die einzelnen Glieder nehmen von unten nach oben an Alter, Dicke, Feſtigkeit ab;

2° Beſchränkung der Neubildung des vorhandenen Zweiges und der Anlegung neuer Zweige auf den jüngſten Ort des tragenden Zweiges;

[1]) NÄGELI, a. a. O. S. 248.

3⁰ Vereinigung der Hauptformkeime in eine einzige Zelle (die Scheitelzelle);

4⁰ Beſchränkung der Neubildung an möglichſt wenige Orte, und in den kleinſten Raum. Dieſe Adaption an klimatiſch bedingte Vegetationsperioden tritt augenſcheinlich mit der Erhebung der Form bis zu den Bäumen hervor.

Durch die Gliederung, welche das Wachſen der Scheitelzelle mit ſich bringt, wird die morphotiſche Verwandtſchaft der höheren Algen mit den Charen und den Lebermooſen, Metzgerien, Marchantien hergeſtellt.

Die größte Divergenz, welche durch Vereinigung des Scheitelwachsthums mit dem Cylindertypus möglich iſt, liegt aber gleichwohl in dem Charentypus.

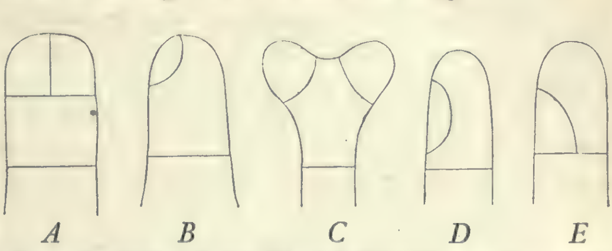


Fig. 68. Verſchiedene Modalitäten des Scheitelwachsthums, wie es bei den höheren Algen vorkommt. (Nach Nägeli und Schwendener, Das Mikroſkop, S. 589.) Bei *A* theilt ſich die Scheitelzelle genau in zwei gleiche Hälften, dieß führt zur ächten Dichotomie, wenn beide Zellen unter gegebenem Winkel mit gleicher Intenſität wachſen und ſich weiter theilen. In *B* wird von der Scheitelzelle in der Nähe vom Scheitelpunkt ein Segment abgeſchnitten, welches je nach dem Verhalten des Reſtes der Scheitelzelle zum Seitenaſt oder zur unächten Dichotomie führen kann. In *C* war die Dichotomie mit dem Auftreten der beiden gleichen Ausſtülpungen ausgeführt. *D* und *E* Formen der Anlage von Segmenten unter dem Scheitelpunkt der Endzelle, welche zu Seitenzweigen heranwachſen können. In *C* kann die Scheitelzelle erlöſchen oder neben den beiden Zweigzellen fortfahren, die Verjüngung in Richtung der erſten Axe zu beſorgen.

Mit Berückſichtigung aller Formen, welche hier hereinzuziehen ſind, können durch die Scheitelzelle Zweigſyſteme nach den folgenden Typen gebildet werden:

I. Niederer Grad der Entwicklung.

1⁰ Die Scheitelzelle bildet den Cylinderfaden ohne Berindung weiter, die Seitenzweige entſtehen erſt aus den tiefer liegenden Zellengliedern, Confervaceen zum Theil und Draparnaldia, Batrachospermum.

2⁰ Die Scheitelzelle bildet in akropetaler Folge die Stamm- und Zweigglieder: Sphacelarieae und viele andere höhere Algen, z. B. Ceramieae.

3⁰ Sie bildet wechſelnd Stammglieder (Internodien) und Quirlſtücke, aus welchen die Zweige höherer Ordnung hervorgehen: Characeen.

II. Höherer Grad der Entwicklung.

4⁰ Die Scheitelzelle theilt ſich in zwei gleich- oder ungleichwerthige Zellen, in welchen die Anlegung der Aeſte nächſthöherer Ordnung beginnt: Dictyota (Fucaceen).

5⁰ Die Scheitelzelle bildet durch Theilung nach links und rechts in einer Ebene flache Lager, welche ſich dichotomiſch theilen, indem in den

jüngſten Segmenten die Anlage neuer Scheitelzellen eingeleitet wird: Metzgeria (Marchantieen, hier mehrere Scheitelzellen).

III. Höchſter Grad der Entwicklung.

6° Die Scheitelzelle bringt durch Theilungen nach mehreren Richtungen cylindriſche Stämme zur Entwicklung, das Segment (die nächſte Tochterzelle) differenzirt den Axillarſproß und das Blatt: Musci.

In dieſem ſechſten Typus liegt der Uebergang nach den höheren Kryptogamenfamilien. Die Scheitelzelle iſt die erſte Anlage zu der Knoſpe, deren höchſte adaptive Ausbildung wir in den Bäumen mit periodiſchem Laube erblicken, wo ein Ort, der Vegetationspunkt, allein in geſetzmäßiger Weiſe die Verjüngung und die Anlegung der Seitenſproſſe beſorgt.

7° Sie functionirt wie vorher, die Blattanlage und der Axillarſproß gehen aus Zelltheilungen hervor, welche höheren Ordnungen oder Zellengenerationen entſprechen: Scheitel der Farrenkräuter und der meiſten höheren oder Gefäßkryptogamen.

Die Functionen der Scheitelzelle beſtehen darin, Zellenglieder, Segmente abzuſcheiden, welche von der Scheitelzelle, ihrer Mutterzelle, morphologiſch different ſind. Während die Scheitelzelle für lange Dauer denſelben Proceß der Segmentirung wiederholt, ohne im Segmente aufzugehen, gibt ſie gewiſſermaßen ſtetig beſtimmte Formkeime an das Segment ab, ohne je ihren Charakter als Scheitelzelle einzubüßen, d. h. in ihr bleiben ſtets alle Formkeime angehäuft.

Das Segment hingegen iſt eine hochdifferenzirte Zelle, in ihm liegen nur die Keime einer beſtimmten Entfaltung:

a) das Segment wird zum Zweig: Marchantia, Metzgerien;
b) » » » » Blatte und Axillarſproß: Musci;
c) » » » » Stammgliede: Charen.

Hinſichtlich der Gliederung in Auszweigungen verſchiedenen Ranges zur Geſtalt der Scheitelzelle, in der Form, der Reihenfolge in der Entſtehung, der Dauer des Wachsthums werden an der höheren Pflanze nur drei Rangclaſſen von Auszweigungen unterſchieden:

I. Rang: Stamm, Aſt, Zweig, 1. 2. 3. . . . Ordnung;
II. Rang: Blatt, Fiederblatt der 1. 2. 3. . . . Ordnung;
III. Rang: Haar, mit Auszweigungen der 1. 2. 3. . . . Ordnung.

Die Deſcendenzlehre fordert, daß wir die Rudimente dieſer Gebilde in den niederen Formen aufſuchen. Die Spur des Blattes geht aber ſchon in einigen Formen der Lebermooſe vollſtändig verloren.

Divergiren die Marchantieen, die Fucaceen, die Dictyota, die Charen nach einer Richtung hin, nach den Stammbildnern, bei welchen die Blätter verloren gingen, oder nach den Blattbildnern, oder divergirt die eine nach

den Blattbildnern, die andere nach den Stammbildnern? Dieſe Frage läßt ſich nicht entſcheiden.

Charen, Tange, Marchantien, beblätterte Jungermannien, Metzgerien, Laubmooſe ſind Aeſte in der Deſcendenzlehre, welche unter ſich morphotiſch gar keine Zwiſchenglieder beſitzen.

Wir können die Frage nicht weiter discutiren, ſoviel aber läßt ſich leicht zeigen, daß die Definitionen für Blattgebilde (Phyllome), Stammgebilde

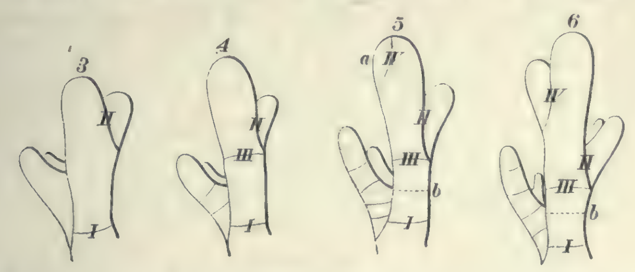


Fig. 69. Halopteris filicina, Langtrieb. Terminale Gliederung in einen Reſt der Scheitelzelle und eine ſeitliche Ausſtülpung des erſten Grades. Die aufeinanderfolgenden gleichwerthigen Glieder mit den Zahlen der Reihe *I*, *II*, *III* belegt. (Pringsh., Sphac., k. Ak. d. W. 1873.)

(Caulome), wie ſie in den Handbüchern vorkommen, gebildet ſind nach adaptiven Einrichtungen an der höheren Pflanze. Deßwegen gerade gelten ſie nicht für die Beſtimmung bei den vorliegenden Familien. Zwiſchen der Blattwarze bei den Phanerogamen und dem Knoſpenſcheitel liegen zahlreiche Generationen von Zellen, welche die Keimzelle des Blattes von der Keimzelle des Stammes trennen. Im Phanerogamenblatt iſt ein hochadaptirtes, in dem Moosblatt ein niedrigadaptirtes Gebilde zu erſehen.

Die Entwicklung von mehreren Seitenzweigen aus der mit der Axe des Stammes fortgeführten Hauptwachsthumsrichtung iſt durch die Figurenreihe *3*, *4*, *5* . . ., Fig. 69, demonſtrirt. Je eine ſeitliche Anlage, zunächſt als ein Cylinderabſchnitt entſtanden, entwickelt ſich ſelbſtändig durch nachträgliche Quertheilung.

1. Die Sphacelarieae.

Die Sphacelarien ſind eine morphotiſch gut umſchriebene Reihe der Phäoſporeen[1]). Die höchſt differenzirte Form, Cladostephus verticillatus, bildet aus den Segmenten, welche unter der Scheitelzelle entſtehen, zahlreiche Blattwirtel, welche ſich in verſchiedenem Sinne differenziren. Alle

[1]) Hierher gehören Halopteris, Stypocaulon, Cladostephus und Sphacelaria, ſämmtlich Meeresbewohner mit reicher Verzweigung. Große und eingehende Monographie von Pringsheim, Ueber den Gang der morphologiſchen Differenzirung in der Sphacelarien-Reihe. Ak. d. Wiſſ. Berlin 1872/1873. (S. auch oben Syſtemat. Zuſammenſtellung der Algen, S. 50.)

dieſe ſind wie der jüngſte Stammtheil zuerſt unberindete Cylinderketten von Zellen. Der Stamm theilt ſich nun wiederholt in dem Sinne, daß eine Markzone und eine Rindenzone entſteht, die Blätter werden von der Rindenſchicht an der Baſis eingehüllt. Die Inſertion der Blätter aber liegt in der Markzone, auch die Blätter ſelbſt berinden ſich. Dieſe Anordnung iſt im mikroſkopiſchen Verhalten ſehr charakteriſtiſch. Pringsheim ſieht in dieſer Differenzirung einen Uebergang zu den Cormophyten (Stammpflanzen). Während ſomit die Blätter auf Segmente in der Nähe der Scheitelzelle zurückgeführt werden, alſo in näherer Verwandtſchaft zu dem urſprünglichen Vegetationspunkt ſtehen, entſpringen die fruchttragenden Blätter aus den peripheren Zellen der ſecundären Rinde[1]). Die vegetativen und fruchttragenden Blätter berinden ſich. Häufig iſt aber die Ausbildung des Markes auf eine einzige Zelle beſchränkt.

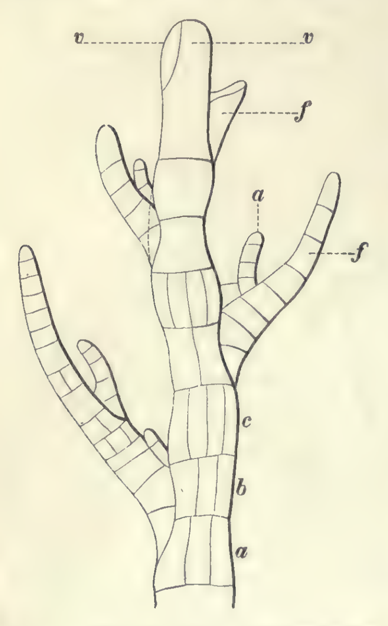


Fig. 70. Halopteris filicina. Sich ſelbſt ähnlich fortwachſender Langtrieb mit Axillarſproſſen. *b c* berindete Stammglieder, *f* Blatt, *v* Vegetationspunkt. (Pringsh., Akad. d. Wiſſ. 1873.)

Ein Theil der Stammzweige wird durch Erlöſchen des Vegetationspunktes in Kurztriebe umgewandelt, d. h. der Zweig ſtreckt ſich in allen Gliedern, auch die Scheitelzelle, dieſe verliert die Fähigkeit ſich zu theilen.

Die letzte Auszweigung, das Haar, entſteht bei allen Sphacelarien aus der Scheitelzelle, «allein in der ganzen Reihe macht ſich der Fortſchritt in der vorſchreitenden Beſchränkung der Haarbildung auf die Scheitelzellen immer niedrerer Sproſſungsformen bemerklich. Zuerſt ſind die Haare Spitzen-, ſodann Seitenorgane der nächſten Ordnung, bezogen auf die Hauptaxe, zuletzt werden die Haare in die Achſeln der Blattgipfel gedrängt, oder mit anderen Worten: die Umwandlung in Haare trifft ſchrittweiſe Verzweigungsformen immer niedrerer Grade».

---

[1]) Die primäre Berindung erſtreckt ſich von unten nach oben bis zur zweiten Segmentzelle unter der Scheitelzelle. Sie entſteht durch Längswände, welche von der urſprünglich cylindriſchen Stammzelle 4 Rindenzellen abſcheiden. Die im Innern belegene Zelle wird zum Mark. Durch Theilung der primären Rindenzellen entſteht die ſecundäre Rinde.

a) Bildung der Sporangien.

Die Sporangien ſind zum Theil achſelſtändig, zum Theil endſtändig, an einem Fruchtaſt können an den Seitenzweigen mehrere Sporangien erzeugt werden. Die Endzelle ſchwillt an, zerklüftet ſich in die Plasmakörper der Schwärmſporen, ſo entſtehen uniloculäre Sporangien. Dieſe ſind immer endſtändig. Die Zooſporen ſind gelb mit einem rothen Pigmentfleck und zwei Cilien. Die multiloculären Sporangien, ebenfalls an dem Zweige endſtändig (ſeitenſtändig an der Hauptaxe), theilen ſich in mehrere Zellenreihen, ſie werden gefächert, ehe es zur Anlegung der Schwärmſporen kommt. Jedes Fach zerklüftet ſich dann nochmals in die zahlreichen Mutterzellen der Schwärmſporen. Bei den multiloculären Sporangien tritt die Durchwachſung nach der Entleerung nicht ein. Beide Sporenarten ſind gleich groß und nahezu von gleicher Beſchaffenheit, nach einigen Wochen keimen ſie.

Die Sphacelarien bilden außerdem noch mehrſtrahlig gebaute durch adventive Sproſſung aus den Rindenzellen entſtehende Brutknoſpen, nach Pringsheim metamorphe ſterile Fruchtäſte, die eigenthümlich geſtalteten Zellenkörper fallen ab und keimen, bilden ſich zu vollſtändigen Sphacelariapflanzen aus[1]).

Die Sphacelarien beſitzen ſomit vier verſchiedene Formen der Propagationszellen, beziehentlich Zellenkörper.

b) Hiſtologiſche Züge.

Die Sphacelarien zeigen an manchen Zweigen, ſo bei Ectocarpus, Wurzelfäden, welche aus den Gliedern hervorwachſen, ſtets nach dem älteren Theil, alſo nach unten, ſich an den Zweig anſchmiegen, dieſen berinden. (Man vergleiche Batrachospermum, Fig. 60 weiter oben, dort ſind es die im akropetalen Sinne entſtandenen Quirlzweige, welche die Berindung des Stammes ausführen.)

Hiſtologiſche Züge der Durchwachſung kommen bei den Sphacelarien an den Sporangien vor. Sind dieſe entleert, ſo wächſt von der tragenden Zelle aus ein gegliederter Cylinderfaden durch das entleerte Sporangium (bei Sphacelaria olivacea).

Der ausführlichen Monographie Pringsheim's mögen dieſe generaliſirenden Sätze entnommen ſein, da aus ihnen zum Theil erhellt, welche Stellung die Vertreter der exacten Entwicklungsgeſchichte der Deſcendenzlehre gegenüber einnehmen:

---

[1]) Eingehende Entwicklungsgeſchichte ſ. Pringsheim, a. a. O. S. 173, auch über die Sphacelae, eigenthümliche Zellenkugeln an der Spitze der Zweige, und ähnliche Bildungen ſ. Pringsheim, a. a. O. S. 171 ff.

1⁰ «Mit der größeren Vollkommenheit und Complicirung des anatomischen Baues und der morphologischen (morphotischen) Differenz wächst gleichzeitig die Beständigkeit der Bildungsregel;

2⁰ die morphologischen Differenzen der Verzweigungsformen gehen aus gleichartigen Sprossungen durch zunehmende Wachsthumsabweichungen hervor, die offenbar mit dem Ursprung der Verzweigungsformen in Beziehung stehen und sich allmälig durch Trennung ihrer Ursprungsstellen immer schärfer fixiren;

3⁰ die anatomische und morphologische Differenzirung der Verzweigungssysteme führt noch innerhalb der Sphacelarienreihe vom einfachen confervenartigen Wuchse (bei Ectocarpus) bis zum sproßartigen Aufbau (bei Cladostephus).

Die Reihe stellt sonach eine Stufenleiter zum cormophytischen Baue dar, in welcher sämmtliche anatomische und morphologische Charaktere der höchsten Form schrittweise genommen werden.

Die Reihe erscheint somit als ein anschauliches Beispiel ansteigender Bildungsweise cormophytischer Gestalt, und ihre Betrachtung führt daher nothwendig zu einem der Descendenztheorie günstigen Schlusse, da sie selbst als der einfache und unmittelbare Ausdruck des genetischen Zusammenhanges der Formen sich darstellt. Allein auch hier finden sich nirgends sichere Anhaltspunkte zur näheren Kenntniß der unbekannten Ursachen, welche den Entwicklungsgang der Reihe in der Richtung, die sie genommen hat, festgehalten und diese Richtung selbst bestimmt haben. Diese Richtung ist hier, wie in allen Reihen dieselbe; sie führt vom anatomisch und morphologisch Einfachen und Gleichartigen zum anatomisch und morphologisch Complicirten und Mannigfaltigen. Daß dieser Gang die nothwendige und alleinige Wirkung der Accumulation zunehmend günstiger Abweichungen und Adaptionen an die Lebensbedingungen ist, ist ebenso bestreitbar, als es unbedingt gewiß ist, daß dieser Gang auch bei solchen Reihen eingehalten wird, deren Formenabweichungen relativ gar keine verschiedenen Grade günstiger Anpassung repräsentiren. Hierüber wird unter den kritischen Anhängern der Descendenztheorie kaum eine Meinungsverschiedenheit herrschen können. Jedenfalls muß dieser Punkt als eine offene Streitfrage betrachtet werden. Wie hätten auch die Bedingungen der natürlichen Zuchtwahl für sich allein, ohne eine besondere hinzutretende, richtende Ursache den Gang vom Ectocarpus bis zum Cladostephus, den die Reihe doch offenbar genommen hat, bestimmt haben können! Nirgends läßt sich hier eine fortschreitend günstigere Anpassung der entstandenen Abweichungen an die gleichartigen Lebensbedingungen, unter denen sie entstanden sind, voraussetzen und nach-

weifen. Die entftehenden Formendifferenzen zeigen nirgends deutliche, phyfiologifch günftige Eigenthümlichkeiten; fie beruhen wefentlich auf geringen, allmälig wachfenden Abweichungen im anatomifchen Bau und in der Stellung der Zweigfyfteme. Behaarung, Bewurzelung, Reproduction find fchon in den niedrigen Formen der Reihe in ähnlicher Wirkung und Anordnung wie in den höheren vertreten. Ift ohne willkürliche und unbegründete Vorausfetzungen und Behauptungen irgend eine Beziehung der leichteren Erhaltung der Art zu der Entftehung der Sproffe aus den Gliederzellen oder den Scheitelzellen oder zu der Theilungsfolge der primären Gliederzellen wiffenfchaftlich feftzuftellen?

Welche günftigen Anpaffungen foll eine Sphacelaria vor einem Ectocarpus u. f. w. voraushaben? Die Beziehung zu ihren etwaigen Feinden ift keine denkbar verfchiedene, bei der Eigenthümlichkeit diefer Abweichungen, die eine für den Kampf um das Dafein durchaus gleichartige Befchaffenheit nicht ausfchließen. Bei diefen einfachen Gefchöpfen befchränkt fich diefer Kampf höchftens auf einen Kampf um den Platz. Der einzige Punkt, der hierbei von Wichtigkeit wäre, die Mannigfaltigkeit, die Zahl und die Erhaltungsfähigkeit der Reproductionsformen, fpricht in keiner offenbaren Weife für die Einhaltung der Richtung, welche die Reihe bei ihrer Entwicklung genommen hat. Es läßt fich bei Betrachtung diefer und anderer ähnlicher Reihen unter den niedrigen Gewächfen nicht verkennen, daß die erften Formenabweichungen bei diefen einfachften Organismen rein morphologifcher Natur find, d. h. daß fie keine nachweisbaren Beziehungen zu irgend welchen phyfiologifchen Functionen haben, die für die Erhaltung des Lebens von Wichtigkeit find. Die Exiftenz folcher in diefem Sinne rein morphologifcher Artenreihen fcheint mir entfcheidend für die Frage nach den Urfachen der Artenbildung. Beftehen nun — um nur bei den Algen zu bleiben — die Reihen der Protococcaceen, Palmellaceen, Desmidiaceen, Diatomeen, Conferveen, Ulotricheen, Ceramieen, Polyfyphonieen etc. nicht aus folchen im Gegenfatze zur darwiniftifchen Vorftellung nur rein morphologifchen Arten? Dennoch ift in allen diefen Reihen ein Entwicklungsgang der Formen, der immer vom Einfachen zum Complicirten, oder wenn man will, vom Unvollkommenen zum Vollkommeneren führt, unverkennbar. Alle diefe niederen, rein morphologifchen Reihen fprechen mit Entfchiedenheit dafür, daß der Kampf um das Dafein für fich allein nicht genügt, um die Accumulation der Formenabweichungen in der durch die ganze Schöpfungsreihe conftanten Richtung vom Einfachen zum Mannigfaltigen zu erklären, diefer fetzt ja mit Nothwendigkeit die phyfiologifch günftigere Befchaffenheit der entftehenden Variationen und die Häufung diefer günftigen Eigenfchaften in der bevorzugten Richtung voraus. Diefe Bedingungen fehlen aber in dem Entwicklungsgange der rein morphologifchen

Artenreihen der niedrigſten Gewächſe. Hier treten jene inneren richtenden Kräfte, die den Gang der geſteigerten Abweichungen in die bevorzugte Richtung drängen, in ihrer Reinheit, unvermiſcht mit den Wirkungen des Kampfes um das Daſein, in die Erſcheinung und laſſen ihre Exiſtenz nicht bezweifeln. Oder will man etwa allen dieſen niederen organiſchen Formen den Werth von Arten abſprechen und ſie nur als ſolche unbeſtändige Varietäten betrachten, die vorübergehend entſtehen und wieder zu Grunde gehen, ohne es zu eigentlichen Arten zu bringen? Ihre Beſtändigkeit, ihr Alter, die Nothwendigkeit der Annahme ihrer geſteigerten Fortentwicklung für die Entſtehung der höheren Formen, die ja eine Baſis der Deſcendenztheorie bildet, und der unleugbare Entwicklungsgang, der ſich in der Um-

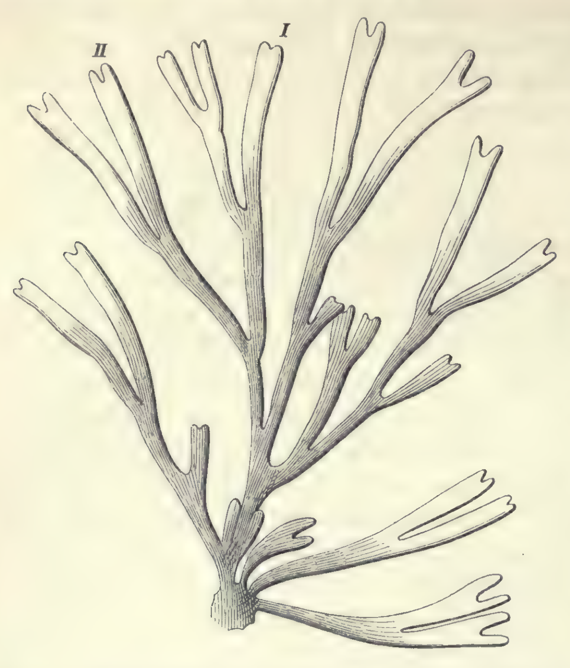


Fig. 71. Dictyota dichotoma. Erwachſene Pflanze nach einem photographiſchen Abdruck. Von der Baſis ab iſt das Syſtem bis zur ſechſten Ordnung gegabelt[1]). *I* jüngerer, *II* älterer Zuſtand der ſoeben vor ſich gehenden Ausbildung neuer Gabeläſte.

---

[1]) Die erwachſenen, nachſtehend verzeichneten Arten aus der Familie der Fucaceen und Florideen zeigen die beiſtehend verzeichnete Ordnungszahl.

	Ordnungszahl:
Gelidium corneum	4
Chondrus crispus	6—7
Sphærococcus coronopifolius	5—6
Plocamium coccineum	5—6
Furcellaria fastigiata	5—6
Callophyllis laciniata	3—4
Laurentia pinnatifida	4—5—6
Calliblepharis jubata	9—10
Erinacea vermulosa	1—2
Ceramium rubrum / » ciliatum	6—7
Sphacelaria olivacea	3.

bildung ihrer Formen zu immer mannigfaltiger ausgebildeten Geſtalten ausſpricht, würde auch dieſen Ausweg mit Entſchiedenheit zurückweiſen.»

In wieweit die höheren Formen, namentlich von den Algen ab, welche ſich hauptſächlich aus Geſchlechtszellen vermehren, durch die Charen und Mooſe Baſtardformen ſind, welche von wenigen Urformen abgeleitet wurden, kann nicht entſchieden werden.

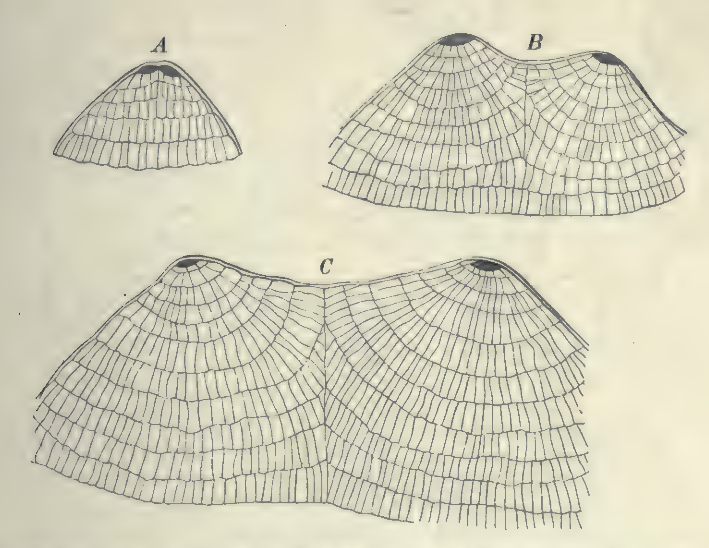


Fig. 72. Dictyota dichotoma. Drei Scheitelparthien von der Fläche aus nach photographiſchen Aufnahmen gezeichnet. *A* die Scheitelzelle im Zuſtande der Theilung. *B* Zuſtand der Gabelung, nachdem etwa 6—7 Segmente eingeſchaltet ſind. *C* noch weiterer Zuſtand der Gabelung, die Endläppchen entſprechen den jüngſten mit bloßem Auge wahrnehmbaren Gabelſtellen in der Figur 71.

Es kommt aber für die Möglichkeit dieſer Art von Abſtammung in Betracht:

1° die Anzahl der geſchlechtlichen Umtriebe für gegebene Zeit, dieſe ſinkt von den niederen Pilzen und Algen, wo in einer Vegetationsperiode der gemäßigten Zone mehrere Generationen entſtehen, nach den höheren Formen, Mooſen und höheren Kryptogamen, wo nur eine Generation für je eine Vegetationsperiode herrſcht;

2° die mechaniſchen Schwierigkeiten der Durchdringung von einer Art zur andern. Dieſe wächſt ebenfalls von den niederen nach den höheren Formen.

Züchtungsverſuche, wie ſie die menſchliche Oeconomie durch die Hand des Gärtners, des Landwirths, des Thierzüchters in langen geſchichtlichen Zeiträumen mit den Culturpflanzen und Hausthieren ausgeführt hat, ſind für alle im mikroſkopiſch kleinen Raum lebenden Pflanzen nicht ausgeführt und ſehr wahrſcheinlich auch nicht ausführbar.

2. Dichotomie in der Scheitelzelle der Dictyotaceen[1]) (Dictyota dichotoma).

Das System, welches hier als Paradigma gewählt ist, baut sich in der Weise auf, daß genau in der Spitze je eines Zweiges die Theilung im mikroskopisch kleinen Raume der Scheitelzelle eingeleitet wird.

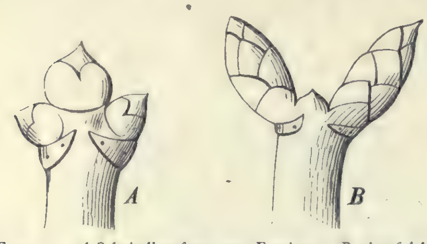


Fig. 73. *A* Scheitelknospen von Fraxinus. *B* ebensolche von Aesculus, hier ist der Haupttrieb in die Blüthenbildung eingegangen und abgestoßen. Das System wächst mit den beiden Seitenknospen gabelig weiter.

Die beiden Scheitelzellen in *A*, Fig. 72, sind entstanden durch eine genau in der Axenrichtung stehende Wand der Mutterzelle von Gestalt einer biconvexen Linse. Jede Scheitelzelle theilt sich zunächst durch Zellwände, welche zu ihrem innern convexen Rande parallel stehen. Die Zellenschalen endlich, welche so entstanden sind, theilen sich durch Längswände. So kommt es, daß die beiden Scheitel immer mehr divergiren, Fig. 72 *B C*, bis die zweilappigen Lager der Figur 71 zum Vorschein kommen[2]). Das Lager ist mit Ausnahme weniger der

---

[1]) Die Dictyotaceen gehören in die Nähe der Fucaceen.

[2]) Literatur über Dictyota, s. Nägeli, a. a. O. 184. — Thuret, *ann. d. sc. nat. 1855.* S. 3. — Cohn, Ueber einige Algen Helgolands. Leipzig 1865. — Reinke, Entwicklungsgeschichte der Dictyotaceen. Nov. Act. d. Kaiserl. Leop. Car. Deutsch. Ak. Bd. XI. Nr. 1. Das vegetative System der Dictyota dichotoma besteht aus drei Zellenplatten einer mittleren größeren Axenschicht und zwei Grenzschichten (Epidermis), die Zellen dieser letzteren sind in der Fig. 72 dargestellt. Die Dictyota besitzt zwei vegetative Triebe, den Rundtrieb und Flachtrieb. Die Vermehrung geschieht durch Individuen, welche nur Tetrasporangien hervorbringen (vegetative Vermehrung) und solche, welche Oogonien und Antheridien erzeugen. Nach Reinke entwickeln sich die Tetrasporangien-Pflänzchen etwas vor den geschlechtlichen.

Die Tetrasporangien entstehen als kuglige Ausstülpungen einer Zelle der Rindenschicht (Epidermis). Das Sporangium theilt sich in Kugelquadranten. Die vier entlassenen Sporen keimen zunächst zu einer spindeligen Zellenkette, eine Endzelle wird zum Scheitel, die entgegengesetzte wird zum Wurzelhaar.

Die Oogonien und Antheridien sind auf gesonderten Pflanzen (Diöcie). Bei beiden sind die Sori (Sporenhäufchen) aus der Epidermis hervorgegangen. An einem bestimmten Orte wachsen zahlreiche Epidermiszellen zu einem Wärzchen heran, jede einzelne dieser schlauchförmigen Zellen theilt sich in eine Basalzelle und eine Antheridienzelle. In dieser entstehen durch wiederholte Theilung die cubischen Mutterzellen für die Spermatozoiden. Die weibliche Pflanze bildet ebenfalls aus Epidermiszellen die Oogonien, die Gruppe von Oogonien zählt im Durchschnitt vier und mehr Zellen. Jedes Oogonium entläßt eine Eizelle. Die Keimung der Eizelle, der Verlauf der Keimung ist gestaltlich ähnlich wie bei den keimenden Tetrasporen. Es kommt vor, daß beide Pole zu Wurzelhaaren umgebildet werden, so daß eine mittlere Zelle zur Scheitelzelle wird, welche die Pflanze weiterbildet (analoge Verbildung kommt bei den keimenden mehrzelligen Sporen der Pellien vor, s. weiter unten unter Moosen).

jüngſten Segmente mehrſchichtig. Es geht daraus hervor, daß die Theilungen, welche von einer Segmentzelle zu Zellen höherer Ordnung hinführen, ſehr raſch, ſowohl in der Ebene des Lagers wie dazu ſenkrecht erfolgen. Immerhin iſt aus den Schalen, welche bogenlinig um die Scheitelzelle geordnet ſind, noch zu erkennen in *B* und *C*, Fig. 72, daß die Theilung vor 6—7 im Zuſtand *B*, vor 10—12 Segmenten in *C* erfolgt war.



Fig. 74. Coniocarpon gregarium. Fucaceen. Bis zur 8.—9. Ordnung dichotomiſch veräſtelt, berindeter Stamm.

Nennen wir die Ausbildung des Dictyotaſyſtemes eine ächte Dichotomie (Gabelung), da der Scheitel im Moment der Gabelung genau in zwei gleiche Hälften geſchieden wird, ſo iſt die Gabelung der Metzgeria eine unächte, weil der neue Gabelaſt aus einer Zelle des zweiten Grades hervorgeht.

Je höher wir in der Formenreihe vorſchreiten, umſomehr iſt die Verzweigung des gleichen Ranges eine unächte Gabelung. Je mehr die Pflanze hinneigt, Auszweigungen verſchiedenen Ranges zu bilden, umſomehr geſchieht die Anlegung des Zweiges, bezogen auf den Hauptſtamm, mit geringerer Intenſität. So ſind alle Gabeln der Sträucher Syringa Fraxinus unächte Gabeln, entweder zwei Axillarſproſſe oder ein Hauptſproß, welchen der Axillarſproß eingeholt hat, Fig. 73.

In keinem vegetativen Syſtem der höheren Pflanzen: Charen, Mooſe, Equiſeten, Farrenkräuter, Lycopodiaceen, Selaginelleen, Rhizocarpeen, Gymnoſpermen, Angioſpermen, kommt von nun ab während der normalen Entwickelung eine ächte Dichotomie vor. Die Gabelung der Metzgerienlager geſchieht wohl meiſtens aus den Segmenten. Falſche Dichotomien, ſolche welche nicht auf die genaue Hälftung der Scheitelzelle oder der Endknoſpe

---

In dem ſonſt ſtreng dichotomen Lager der Dictyoten kommt es genau analog denſelben Vorgängen bei Metzgeria furcata (ſ. weiter unten) zur Bildung von Adventivſproſſen aus den Randzellen.

An die Dictyota ſchließt ſich Padina pavonia an, eine der hervorragenden Geſtalten unter den Meeresalgen. Der vegetative Körper gliedert ſich nach Reinke in horizontal wachſende, mit Wurzelfaſern an der Unterlage (Meeresufer) feſthaftende Rundtriebe, welche wiederholt bis zur dritten Ordnung verzweigt ſind. Von dieſen entſpringen die ſo überaus charakteriſtiſchen, halbſcheibenförmigen Flachtriebe, welche mit mehreren Scheitelzellen am ganzen Rande wachſen. Der Rand iſt im Spiral eingewickelt. Die genauer beſchriebenen Formen der unter «Dictyotaceae» zuſammengeſtellten Gattungen zeigen in der vegetativen Gliederung eine allmälige Steigerung in der Art des Scheitelwuchſes:

a) einzige Scheitelzelle: ſtrenge Dichotomie, Dictyota;

b) zahlreiche Scheitelzellen: ungetheilte, halbkreisförmige, ſattelförmig gebogene Flachtriebe: zuerſt eine einzige, ſpäter mehrere Scheitelzellen: (Zonaria, Dictyopteris) Padina;

c) dichotomes Syſtem, einzige Scheitelzelle mit wiederholter Gabeltheilung des Randes, ſo daß mehrere Scheitel im vorderen Rande des Lagers liegen, Taonia.

zurückgeführt werden können, aber gleichwohl im weiteren Verlauf der Entwicklung das Anſehen der Gabelſtellung, Fig. 73 *B*, gewinnen, kommen zuerſt wieder in aufſteigender Richtung im Blüthenſtande von Ephedra, Welwitschia, in den Blüthenſtänden der Phanerogamen vor. Gabelungen, welche mit dem Dictyotatypus am meiſten übereinſtimmen, kommen in der Wurzelſpitze der Selaginella und der Lycopodiumarten und bei Psilotum vor.

3. Vegetation und Generation der Fucaceen [1]).

In gleichem Sinne wie bei Dictyota, aber mit dreiſeitigen oder ſelbſt mehreren Scheitelzellen, gliedert ſich das Lager der Fucaceen, Fig. 74, mit cylindriſchen, dichotomiſch geordneten Zweigen.

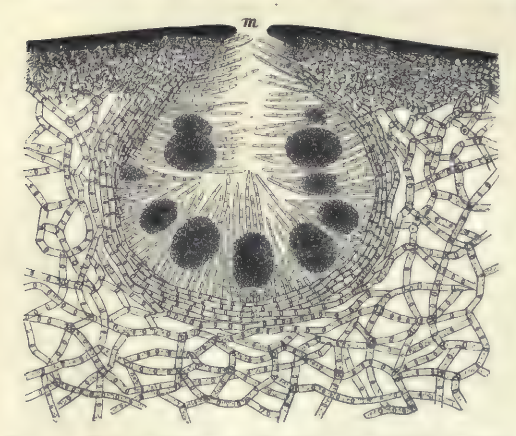


Fig. 75. Fucus vesiculosus nach Thuret. Durchſchnitt ſenkrecht auf die Fläche eines Fruchtaſtes, da wo ein weibliches Conceptaculum entſtanden iſt, bei *m* die Mündung desſelben. Die Rindenſchicht aus dichteren, die Markſchicht aus lockeren Zellengliedern geflochten, um das Lager der zahlreichen Octoſporangien iſt das Gewebe dichter. Die Octoſporangien in verſchiedener Phaſe der Entwicklung von zahlreichen Paraphyſen umgeben.

Die Generation der Gattung Fucus wurde zuerſt von Thuret genauer unterſucht, ſie bietet für die Entwicklungslehre ein ganz hervorragendes Intereſſe.

Die Geſchlechtszellen ſind bei den Fucaceen ſchon ſehr entfernte Verwandte der Eizelle, welche die vegetative Pflanze hervorbringt. Dieſe meeresbewohnenden Algen bilden in den verwachſenen Pflanzen in dem Lager eingeſenkte Receptakeln, in welchen die Antheridien und Oogonien (Sporogonien) entſtehen.

Die Conceptacula ſind bei einigen zwitterig, d. h. es werden ſowohl Antheridien wie Oogonien angelegt. In andern Arten werden die Ge-

---

[1]) Die Fucaceen ſind durchaus Meeresbewohner, ſie wurzeln zum Theil an den Ufern und bilden hie und da im Ocean mächtige Lager, nach den Berichten der älteren Reiſenden ſind die Sargaſſomeere ſolche Colonien von ungeheurer Ausdehnung. Andere Reiſende aber berichten, daß die Sargaſſomeere nicht von normalwüchſigen Fucaceen, ſondern von abgeriſſenen Stücken der Fucusarten bewohnt ſind, welche einen ſehr geringen Zuwachs zeigten!?

Nach Nägeli ſtehen die Fucaceen im XII. Ordo der Algen nach dieſer ſchematiſchen Zuſammenſtellung des Nägeli'ſchen Syſtemes:

A. Algae.

XII. Zonariaceae. Durch vegetative Zellenbildung entſteht eine Zellenreihe (Zellſchicht) oder ein Zellkörper; die Keimzellen entſtehen durch wandſtändige Zellenbildung, je eine aus dem auswachſenden Theile der Gliederzellen oder der Rindenzellen.

1⁰ Chantransiae. Die Axen ſind Zellenreihen.

ſchlechter in geſonderten Conceptakeln ausgebildet. Das Conceptaculum bildet ſich im Innern des vegetativen Gewebes als ein ſphäriſcher Gewebekörper,

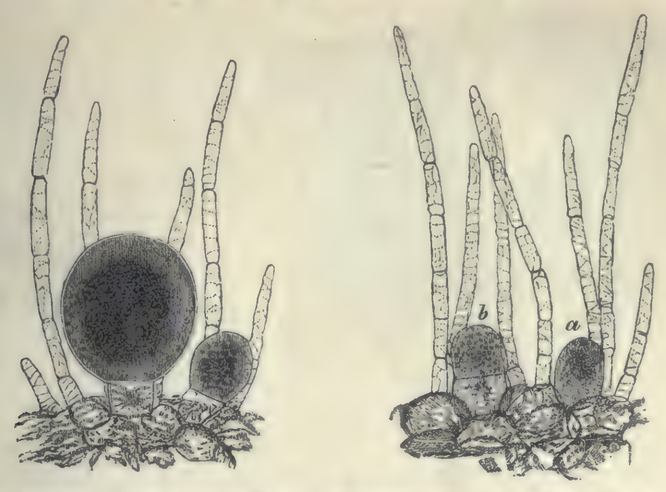


Fig. 76. Fucus vesiculosus. Kleine Parthie aus dem Conceptaculum, Fig. 75, links ein faſt reifes Octoſporangium neben einem jüngeren, an beiden erkennt man die Baſalzelle, umgeben ſind beide von mehreren Paraphyſen. Rechts eine Parthie in noch jüngerem Zuſtand, in einem iſt die Anlage ein-, im anderen zweizellig. Nach Thuret.

Fig. 75, in welchem ſich in dem Maße wie die Erweiterung des Raumes erfolgt, zahlreiche Zellenketten in radialer Ordnung entwickeln. Aus den Randzellen zwiſchen den Cylinderketten von Zellen (Paraphyſen) entſtehen eiförmige größere Zellen, welche ſich durch eine Zellwand in eine Baſalzelle und die Anlage des Oosporangium gliedern, Fig. 77 *A*. Bei Fucus vesiculosus, einem ſtreng zweihäuſigen Tange, wer-

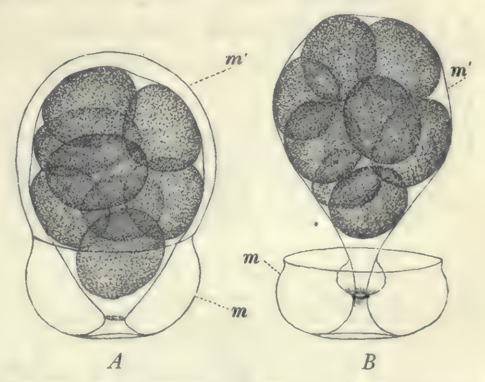


Fig. 77. Fucus vesiculosus. *A* früheres, *B* ſpäteres Stadium der Häutung des Octosporangiums, *m* die erſte, *m'* die zweite Hülle.

2⁰ Padinae, flacher Zellkörper, welcher durch viele Zellen am Rande (nicht durch eine Scheitelzelle) in die Länge wächſt.

3⁰ Fuceae, Zellkörper, deſſen Axen durch eine Scheitelzelle wachſen.

Vegetative Gliederung der Fucaceen.

Der Stamm von Fucus vesiculosus, serratus wächſt dichotomiſch mit einer dreiſeitigen, zwiſchen zwei Ausſtülpungen am Ende des Lagers eingeſenkten Scheitelzelle, welche nach drei Seiten durch dieſen parallele Wände (Segmente) abſcheidet. Das Gewebe differenzirt ſich durch die ſpäteren Theilungen in drei verſchiedene Schichten. Die Rinden-

den zahlreiche Ooſporangien bis zur vollen Geſchlechtsreife ausgebildet. Jedes dieſer Organe zerklüftet den protoplasmatiſchen Inhalt in acht Keim-

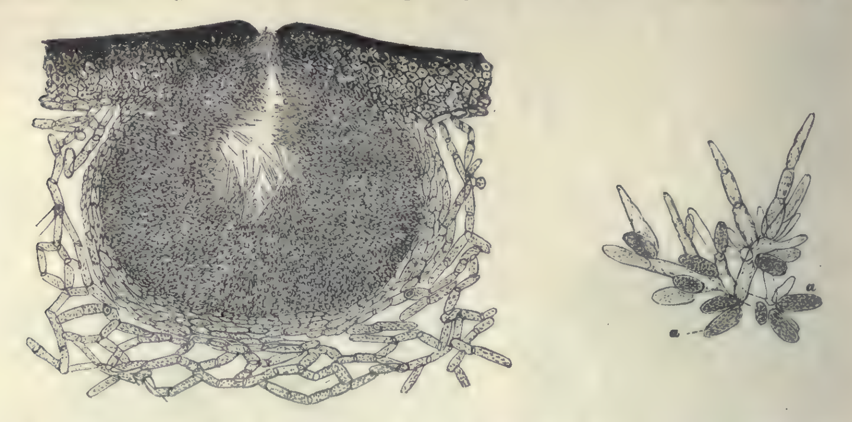


Fig. 78. Fucus vesiculosus. Durchſchnitt durch das Lager der männlichen Pflanze, da wo ein Conceptaculum befindlich, die anatomiſche Beſchaffenheit wie in Fig. 75, aus den zahlreichen veräſtelten Cylinderketten werden die Antheridien gebildet; *a* daneben eine kleine Parthie der verzweigten Cylinderketten, die elliptiſchen Seitenzweige ſind die wenigzelligen Antheridien.

bläschen. Zur Zeit der Geſchlechtsreife häutet ſich die quellende Membran (Fig. 77), offenbar ſteht ſie unter beträchtlichem Quellungsdruck des Inhaltes, nach zweimaligem Zerreißen der Haut werden die iſolirten Keimbläschen in das Receptaculum und aus deſſen Mündung nach dem Meerwaſſer an die Oberfläche des Lagers ejaculirt. (Dieſe Tange wachſen an der Küſte, ſind durch Ebbe und Fluth wechſelnd trockener und naſſer. Beim Trocknen zieht ſich der Hohlraum jedes Receptaculums etwas zuſammen, beim Benetzen dehnt es ſich etwas aus. Jedenfalls aber



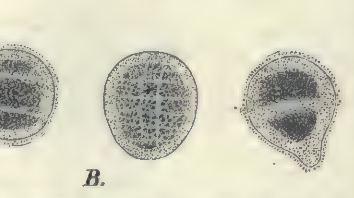


Fig. 79. Fucus vesiculosus (nach Thuret). *A* reifes Octosporangium noch in der inneren Haut, welche ſtark gequollen iſt, eingeſchloſſen, an dem apicalen Theil iſt dieſe von zahlreichen Spermatozoiden belagert, welche zum Theil in die Gallert der Haut eingedrungen ſind. *B* iſolirte Keimzellen aus dem Octosporangium nach der Befruchtung in Theilung und das letzte in der Bildung des Wurzelhaares begriffen.

ſchicht iſt am dichteſten, ſie beſteht aus nahezu iſodiametriſchen, radial geordneten Zellen. Unter dieſer liegt die lockere Markſchicht, in welcher die Zellen eine größere Ausdehnung und die Zellwände das Maximum der Quellungsfähigkeit erreichen. Die Zellen der Rippe ſind geſtreckt, hyphenartig, von geringerer Ausdehnung. Durch die Quellung eines Theiles der Membranlamellen erſcheint die Zellwand der Fucusarten in mehrere Convolute von verſchiedenem Lichtbrechungsvermögen differenzirt, welche in eine geſtaltloſe Gallert (Intercellularſubſtanz) eingebettet liegen.

gerathen alle Membranen, auch die Paraphyfen, zur Zeit der Gefchlechtsreife in den Zuftand der Quellung.)

Die männlichen Conceptacula find in ihrer Entwicklung den weiblichen ähnlich. Die Antheridien werden in ungeheuerer Anzahl aus den letzten Auszweigungen jener Zellenketten gebildet, welche das Conceptaculum ausfüllen, Fig. 78. Es find kleine elliptifche Behälter, aus welchen wenige Spermatozoiden unter demfelben Quellungsdruck wie bei den Oofporangien nach dem Conceptaculum und von da nach dem Meerwaffer entlaffen werden. Sie fchwärmen mit zwei Cilien, befitzen einen gelben Plasmakörper. Zu Taufenden befiedeln fie die Keimkugeln und dringen in diefe ein. Der Erfolg der Befruchtung äußert fich darin, daß die Keimkugel eine fefte zarte Membran erhält, fich theilt und an einem Ende mehrere Zellenfäden ausfendet. Aus diefem Gebilde entfteht durch vegetative Theilungen die junge Fucuspflanze. Wir beachten als auffällige Anpaffungen an das Medium des Wohnortes:

1⁰ die Ejaculation **beider** Gefchlechtszellen. Bei allen höheren Formenkreifen wird nur die männliche Zelle von dem Stamm der Pflanze entlaffen;

2⁰ die Befruchtung, welche außerhalb der gefchlechtererzeugenden Pflanze im Meerwaffer vor fich geht. In allen höheren Verwandtfchaftskreifen geht fie im weiblichen Gefchlechtsapparat, welcher mit der vegetativen Pflanze oder dem Vorkeim in organifchem Zellenverband fteht, vor fich;

3⁰ daß die Weiterentwicklung der befruchteten Eizelle fich ohne vorherige Einhüllung und ohne einen Ruhezuftand vollzieht. Diefer Zug geht den Characeen als nächft höherem Formkreis ab, kommt allen übrigen höheren Kryptogamen und Phanerogamen zu.

Die Zähigkeit des Lebens macht es bei den Fucaceen möglich, daß fie künftlich gezüchtet werden können. Es ift Thuret gelungen, Baftarde zwifchen zwei Arten zu erzeugen, welche die Mittelformen der Aeltern darftellten. Auch im Meere find Baftardformen zwifchen F. serratus und F. vesiculosus bekannt.

---

§ 12. Dritte Nebenreihe, Pilze.

Aus den Betrachtungen über den Zerfall von Organismen nach dem Tod und das Wefen der wichtigften Pflanzenkrankheiten geht hervor, daß die Pilze jedenfalls aus dem Algenftamm hergeleitet werden müffen. Will man nicht zu diefer Annahme fich bekennen, fo bleibt keine andere Erklärung

für die Entstehung dieser Organismen, als die Annahme, daß sie selbständig entstanden sind, sowie die niederen Algen einmal selbständig den Anfang alles Lebens für die höheren Zellenpflanzen beginnen mußten. Die Discussion der Folgerungen beider Annahmen bietet einiges Interesse:

1⁰ die geschlechtlichen Vorgänge bei den Pilzen sind analog denselben bei den Algen, s. oben;

2⁰ die histologischen Züge der Pilze lassen sich auf Zellengliederfäden zurückführen, wie sie den niederen Algen zukommen;

3⁰ die große Mehrzahl der beobachteten Pilzarten ist auf Nährpflanzen angewiesen, ohne welche ihre Entwicklung und Vermehrung ganz unmöglich ist. Hieraus ergibt sich die Gewißheit, daß die Pilze in einer späteren Periode entstanden sind wie die Algen. Aber auch die erdebewohnenden Pilze sind an organische Substanzen gebunden;

4⁰ die Flechten sind Colonien von niedern Algen in Verbindung mit Pilzen.

A. Keimung.

Die Pilze vermehren sich durch ein- bis vielzellige Sporen von verschiedener Gestalt und genetischer Herkunft, oder durch Schwärmsporen, bewegliche nackte Plasmakörper, welche endlich zur Ruhe gelangen und einen Keimschlauch treiben. Dieser Schlauch (Hyphe) ist eine einfache cylindrische Zelle oder eine Zellenhalle, welche sich dichotom oder dendritisch verästelt. Die Hyphe ist den einfachern Algenkörpern zu vergleichen; sie stimmt mit den höheren (s. S. 112) auch überein durch terminales Wachsthum. Die Keimung der Sporen erfolgt bei der großen Mehrzahl der Pilze unmittelbar nach dem Ausfliegen aus den Sporenbehältern der vorhergehenden Generation; bei einigen ist eine Ruhezeit von Wochen bis mehreren Monaten erforderlich. Die Pilze haben sich in der mannigfachsten Weise der Unterlage oder den lebenden Nährpflanzen angepaßt; es ist daher thunlicher, für jede Familie die Entwicklungsgeschichte im Besonderen darzulegen.

B. Formen des Mycelium.

Ein Complex zahlreicher Hyphenverästelungen stellt den vegetativen Körper der Pilze dar, das Mycelium. Dasselbe ist seiner Lebensweise nach ein saprophytes, d. h. es ernährt sich auf Unkosten von organischen Zersetzungsproducten, im Waldboden, Humus und in Thier- und Pflanzenleichen, oder ein endo-, beziehentlich epiphytes, es dringt in lebende Pflanzen ein oder besiedelt deren Oberfläche. Das Mycelium ein und derselben Pilzform, so namentlich in dem Verwandtschaftskreise der Basidiomycetes, kann zeitweilig saprophyt, zeitweilig endophyt auftreten; dahin ge-

hören zum Theil die parasitischen Agaricineen, welche ursprünglich den Waldboden bewohnten.

Der Verlauf der Hyphen bei endophyten Mycelien kann intercellular oder intracellular sein, Fig. 80 und 81; für einige Pilzformen ist die eine oder die andere dieser Wachsthumsformen ein constanter Charakterzug, bei anderen kommen einer und derselben Pilzform beide Arten des Wachsthums zu.

Das Mycelium ist bei *A* noch intercellular, sendet durch die Wand in *b* Fig. 81 die blasig angeschwollenen Haustorien (Saugwarzen); von diesen aus entspringen die büschelig verzweigten Myceläste *mz*, Fig. 81 *B*.

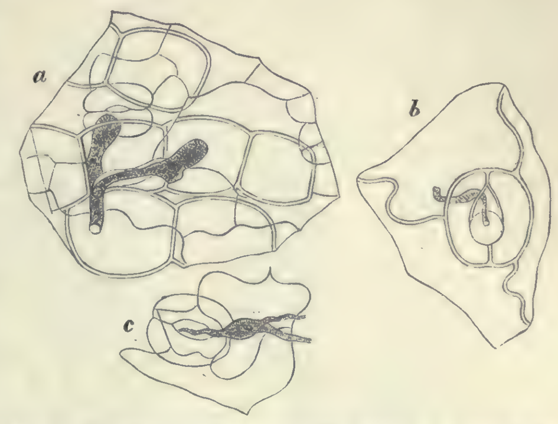


Fig. 80. Keimende Zoosporen von Cistopus, welche in die Spaltöffnungen der Nährpflanze ihre Keimschläuche treiben.

Das Mycelium ist fädig, kann dabei in Platten oder unregelmäßigen dendritischen Verzweigungen wachsen, oder es ist geschichtet und entspricht in dieser Form dem Thallus der Flechten. (Eingehenderes siehe bei den einzelnen Familien.)

C. Grundriss der Generation.

Die niedere Stufe der geschlechtlichen Vereinigung ist bei den Pilzen die Copulation zweier gleicher Hyphenäste und die Bildung der Zygospore (Mucorineen siehe weiter unten). Der nächst höhere Schritt macht sich darin kenntlich, daß der eine Copulant, gegenüber dem anderen passiven, die Rolle eines agressiven männlichen Befruchtungsschlauches spielt: Erisyphe, Saprolegnia und Pyronema.

Die obere Stufe der Entwicklung zeigt die Ausbildung von Oogonien, welche durch Spermatozoiden befruchtet werden (Saprolegnieen). Sowie bei den Algen geht die Complication im vegetativen Bau nicht parallel mit der sexuellen Erhebung. Die complicirter gebauten Pilzkörper kommen zunächst den landbewohnenden Basidiomyceten zu, wo die Propagation durch ungeschlechtlich erzeugte Sporen vermittelt wird. Die sexuell höher stehenden Saprolegnieen sind wassertüchtig, die Mucorineen, Peronosporeen schließen sich in dem geschlechtlichen Acte hier an, bewohnen saftige Pflanzentheile, stehen in der vegetativen Gliederung niederer als die Basidiomycetes. Im Allgemeinen macht sich in dem Modus der geschlechtlichen Mischung eine

Anpaſſung an den Wohnort geltend. Wir erhalten für die ſexuelle Fortpflanzung die nachfolgenden Typen, welche entſchiedenen Anſchluß an die Algen beſitzen (ſ. oben S. 84 ff.).

1. Fadenmycelium, die beiden Copulanten sind vollkommen gleichwerthig.

Aus dem vegetativen Mycelium des Syzygites, der Rhizopus und anderer bilden ſich zwei Jochſchläuche, welche verwachſen; jeder Copulant bildet zwei Zellen; dieſe verſchmelzen zur Jochſpore (ſ. oben Fig. 34).

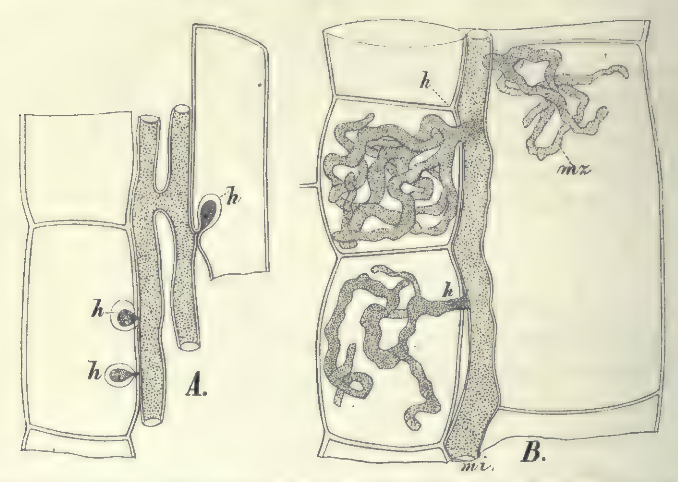


Fig. 81. Peronospora calotheca (auf Asperula odorata). *m i* Intercellulares, *m z* Mycelium in der Zelle, von den die Wand durchbohrenden Hauſtorien *h* entſproſſend.

2. Fadenmycelium, ungleicher Werth der Copulanten.

Hierhin gehört die Befruchtung der Eriſyphe (Perisporiacei, Pyrenomycetes, ſ. Syſtematik der Pilze) und diejenige von Pyronema confluens (Discomycetes, Ascomycetes, ſ. Syſtematik der Pilze).

I. Eriſyphe[1]).

Zwei Hyphen verſchränken ſich, Fig. 82, und es bildet die eine die empfangende Zelle, Oocyſte, welche von dem Abkömmling der andern, dem Antheridium, umſchlungen wird.

Das Gebilde, welches aus dieſer Verſchmelzung entſteht, unterſcheidet ſich durch hohe Gliederung von der Zygoſpore (der Syzygites u. a., ſ. oben

[1]) Die Eriſyphen mit zahlreichen, meiſt nach der Nährpflanze genannten Arten: E. alni, E. aceris, E. humuli u. a. bilden epiphyte Mycelien, welche mit kurzen Keimſchläuchen (Hauſtorien) dem Blatte anhaften. Der Proceß der Copulation vollzieht ſich auf dem Blatte der Nährpflanze. Außer dieſem Modus bilden dieſelben Mycelien noch zweierlei Vermehrungsapparate, die Picnidien und die Styloſporen.

S. 85) und dadurch, daß die Zellen der Oocyste und des Antheridium, ehe es zur Bildung der Sporen kommt, sich wiederholt theilen, so daß ein sphärischer Fruchtkörper entsteht, in dessen Innerem zuletzt mehrere Sporenschläuche (Asci) angelegt werden.

II. Pyronema confluens.

In derselben großen Classe der Ascomyceten ist ein zweiter Vorgang der Copulation bekannt, welcher noch interessanter ist dadurch, daß die Copulation zuerst zur Bildung eines complicirt gebauten Fruchtkörpers Veranlassung gibt. Die Pyronema confluens bildet aus dem Mycelium durch vegetative Theilung die kuglig anschwellenden weiblichen Zellen (Makrocysten), *M* Fig. 83. Mit diesen copuliren die keulenförmigen aus demselben Mycel entstandenen männlichen Paracysten, *p* Fig. 83. Der Erfolg dieses Actes ist aber keineswegs die Bildung einer ruhenden und später keimenden Spore, sondern es entstehen unmittelbar nach demselben die Sporenlager aus den Hyphen *H*, welche in der Nähe der Makrocyste entsprossen. Diese wachsen zu einem tellerförmigen wenige Millimeter großen Perithecium heran, und bilden in diesem zuletzt zahlreiche Asci. Jeder Ascus bildet acht Sporen durch freie Zellbildung. Der geschlechtliche Act regt somit hier eine Zelltheilung an, welche einen durchaus vegetativen Charakter besitzt.

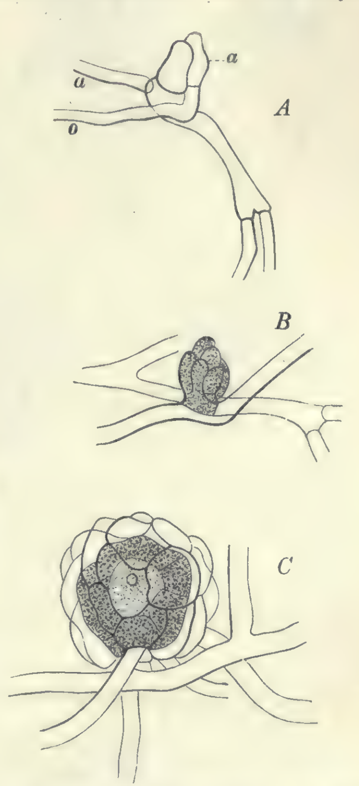


FIG. 82. Erisyphe Cichoracearum. *A* der Mycelfaden *a* hat die Oocyste gebildet, der Mycelfaden *o* hat das Antheridium *a* gebildet. *B* die Oocyste wird von dem Antheridium eingeschlossen. *C* die Oocyste ist von dem Antheridiengewebe ganz eingeschlossen. (Nach DE BARY, *Ann. d. sc. nat. V.* 5. 1866.)

Die bei Erisyphe und Pyronema beobachtete Copulation unterscheidet sich somit sowohl von demselben Vorgang bei den Syzygites und den Conjugaten als auch von den nachfolgend zu schildernden Befruchtungsvorgängen. Die einzige Erhebung aber, bezogen auf die niederen Conjugaten, liegt in der ungleichen gestaltlichen Ausbildung der beiden copulirenden Zellen (*p* und *M* Fig. 83). Dieser Zug wird von jetzt ab in allen späteren Formkreisen stetig gesteigert. In den nachfolgenden Typen sind die Algen und Pilze in ihren Analogien zusammengestellt, die

Lebensweiſe der in Frage kommenden Formen und ihre Stellung im Syſtem in Noten berückſichtigt.

Rückſchläge und verſchwindende Züge.

Der geſchlechtliche Zug zweier Schlauchzellen, ſich entgegen zu wachſen, mit einander zu verwachſen, die Copulation, geht als Formkeim mit,

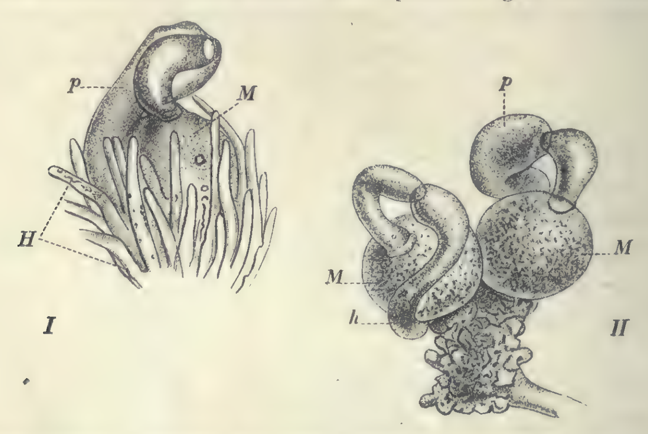


Fig. 83. Pyronema confluens. *I* copulirende Makrocyſte, *p* Paracyſte, *H* das Syſtem von Hyphen, welches nach der Befruchtung um die Makrocyſte entſproßt, und ſpäter das Fruchtlager bildet. *II* zwei befruchtete Makrocyſten. Das Perithecium entſteht aus den Hyphen *H* in *I*. (Nach *Ann. d. sc. nat. Bot. V. 6. 5.* Tulame, *Copulation des champignons.*)

kommt aber nicht mehr zum ſichtbaren Ausdruck und erlangt ſeine höchſte Bedeutung bei den Phanerogamen.

In dieſem hohen Verwandtſchaftskreiſe kommt gerade die paraſite Tendenz, welche der Pilzhyphe eigenthümlich iſt, im höchſten Grade zum Ausdruck. Ohne die Fähigkeit des Pollenſchlauches, den weiblichen Stock, Narbe, Griffel, anzubohren, in ähnlicher Weiſe wie dieß die Pilzhauſtorien thun, wäre die geſchlechtliche Miſchung dort gar nicht möglich.

3. Schlauchmycelien, Oogonien und Antheridien.

Die Ausbildung beweglicher Keimungserreger in Form von Spermatozoiden bleibt allen höheren Deſcendenten des Algenſtammes durch die Charen, Mooſe, Gefäßkryptogamen. Sie iſt verloren gegangen bei den Coniferen und Phanerogamen.

Die Neigung, eine von der empfangenden Zelle morphotiſch verſchiedene Erregerzelle zu bilden, kommt noch in ausgeſprochenſter Weiſe bei den Peronoſporeen vor[1]), Fig. 84, wo das Antheridium *a* in *C*, die keulen-

[1]) Die Peronoſporeen ſind endophyte mikroſkopiſch kleine Pilze, welche mit mehreren andern Familien in die Ordnung der Phycomycetes, de Bary, vereinigt ſind. Es gehören zu den Phycomycetes die: 1⁰ Peronosporei, de Bary; 2⁰ Saprolegnei, de Bary; 3⁰ Mucorini, de Bary; 4⁰ Chytridiei, de Bary; 5⁰ Protomyceti, de Bary.

förmige Anſchwellung eines Hyphenaſtes, ſich an das Oogonium anlegt und einen ſpitzen Schlauch durch deſſen Haut ſchickt, durch welchen die geſchlechtliche Miſchung vermittelt wird.

Antheridien und Oogonien ſind wie bei Vaucheria nahe verwandte Abkömmlinge des vegetativen Hyphengeflechtes.

Der Modus der Befruchtung, welchen wir bei Ciſtopus beobachten und derjenige durch bewegliche Samenfäden kommt in der Familie der leichen- und waſſerbewohnenden Saprolegnieen gleichzeitig vor.

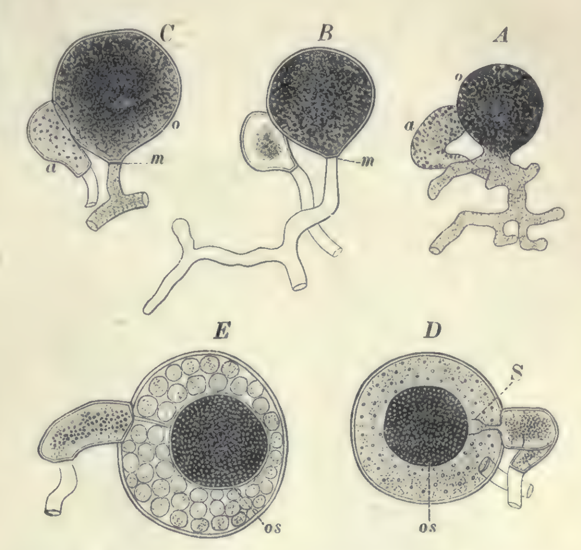


Fig. 84. Peronospora alsinearum. Entwicklungsreihe des Oogonium. *A* junges Oogonium mit einem ihm angepreßten Mycelzweig *a*, das Antheridium. *B C* das Oogonium in *m* durch eine Wand von dem Mycelfaden getrennt, die Antheridien *a* ausgewachſen. *D* von dem Antheridium dringt der befruchtende Schlauch *S* in das Oogonium, die Ooſpore iſt entſtanden. *E* die Ooſpore beſitzt eine dünne Membran.

Wir unterſcheiden hier:

1⁰ Ooſporangien durch Antheridienſchläuche befruchtet bei Achlya lignicola, Fig. 86 *O*;

2⁰ Zooſporen, welche in großer Zahl aus gegliederten Fäden entlaſſen werden, Fig. 85 *B*, Fig. 86 *A*;

3⁰ Ooſporangien durch Spermatozoiden befruchtet bei Saprolegnia dioica, Fig. 85 *A*;

Die Peronoſporeen entwickeln aus beweglichen Zooſporen oder Ooſporen, welche durch den Thau oder Regen ihre Bahn nach den Blättern und Zweigen des Wirthes finden, zuletzt Keimſchläuche, welche die Epidermis beſiedeln und endlich durch die Spaltöffnungen in das Innere des Wirthes eindringen. Sie deformiren das Gewebe der Nährpflanze, bewirken Anſchwellungen und Verkrümmungen, bei der Kartoffel die raſche Zerſetzung (Fäulniß des Blattes). In dem endophyten Mycelium entwickeln ſich die Oogonien des Cistopus, welche in dem abſterbenden Pflanzentheil eingeſchloſſen bleiben. Mit der Verweſung dieſer Theile werden die in der Ooſpore gebildeten Schwärmzellen frei. Gleichzeitig bilden ſich an demſelben Mycelium unter der Epidermis die Conidien, vegetative Sporen, welche ſich abgliedern und auf geeignetem Subſtrat innerhalb weniger Stunden direct keimen oder zuvor mehrere Zooſporen bilden, welche die Conidie verlaſſen, ſchwärmen und zuletzt keimen. Die beſchriebenen Gattungen ſind Cistopus mit Conidien und Oogonien, und Peronospora, bei welcher nur die Conidien bekannt ſind.

4⁰ Androſporen, welche die Schläuche verlaſſen, keimen und männliche Pflänzchen bilden, Fig. 85 *B* (ſ. Syſtematik der Pilze S. 158).



Fig. 85. Saprolegnia dioica. *A* männlicher Schlauch, die oberſte Zelle entläßt die Samenkörper. *B* Androſporen erzeugender Faden, die Androſporen zum Theil ausgetreten. *C* Achlya dioica, männlicher Schlauch. *D* Oosporangium mit reifen Sporen. (Pringsh. in den Jahrb. f. wiſſenſch. Bot. Bd. 2.)

Die Saprolegnien bewohnen lebende Thiere, ſo namentlich die Fliegen, deren Tod ſie bewirken; aus der Leiche des Thieres oder noch zu Lebzeiten desſelben brechen aus den Leibesringeln mächtige Gliederfäden hervor, aus welchen ſich die Zooſporangien, die Oogonien und Antheridien entwickeln. Die Wand der Oogonien, Fig. 85 *D*, iſt von kreisförmigen Poren durchbrochen, durch welche die Spermatozoiden eindringen. Nach der Befruchtung zerklüftet ſich der Inhalt des Oogonium in mehrere bis 20—30

Oofporen, welche fich nicht mit einer feften Membran umhüllen. Die Hüllen der entleerten Zoofporangien werden bei einigen Formen von tiefer liegenden Zellen durchwachfen. Die Zoofporen ziehen nach kurzer Zeit ihre Cilien ein und bilden Keimfchläuche, welche fich in Zellen gliedern. Der Proceß der Keimung verläuft innerhalb weniger Stunden. Die Infection der Infekten ift bis jetzt nicht genauer unterfucht.

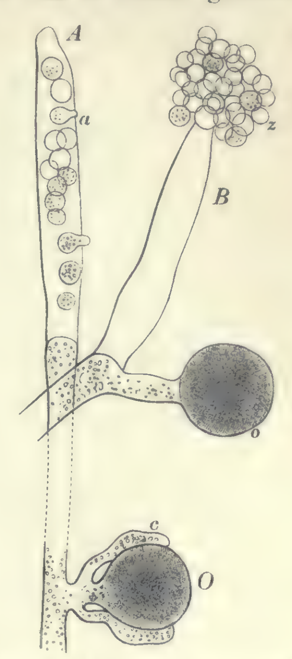


Fig. 86. *A a* Zoosporangium, ein Theil der Zoofporen hat fich innerhalb desfelben gehäutet, *O* ein von Antheridienfchläuchen befruchtetes Oogonium. *B* Achlya lignicola, *a* Zoosporangium, aus welchem die Zoofporen hervorgetreten, *O* Oogonium vor der Befruchtung. (Pringsh. Jahrb. B. VIII. S. 314. Hildebrandt, Einige neue Saprolegnieen.)

D. Systematische Uebersicht der Pilze.

1. Plasmodiophori.

I. Myxomycetes[1]) (vergl. Bd. I., S. 21).

Der Entwicklungsgang der Myxomyceten verläuft in den groben Zügen von der Spore hergeleitet fo: die derbwandige Spore entläßt aus der Membrane zur Zeit der Keimung einen Schwärmer von fpindeliger Geftalt, welcher im Waffer fchraubenlinige Bewegungen ausführt[2]); die Spindel des nackten Plasmakörpers fteht dabei fenkrecht zur Richtung, in welcher fich der Schwärmer fortbewegt. Nach einiger Zeit wird die Cilie eingezogen; das Gebilde geht in den Amöbenzuftand über, in welchem es längere oder kürzere Zeit verharrt. (Ueber Amöbenformen, f. Bd. I. d. Handbuches, S. 12 ff.). Die Amöben verfchmelzen zuweilen, fie affimiliren die im Subftrat disponibelen Nährkörper. Das Plasmodium ift der dritte Zuftand der Keimung. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die großen, oft z. B. bei Aethalium vaporarium nach Litern meßbaren Plasmamaffen durch Zufammenfließen und felbftändige Ernährung zahlreicher Amöben entftanden find. Das Plasmodium verzweigt fich als nackte flüffige Maffe über das Subftrat. (Ueber die Art der Bewegung, f. Bd. I. d. Handbuches, S. 22 ff.)

---

[1]) L. Cienkowsky, Zur Entwicklungsgefch. der Myxomyceten. Seite 325. Pr. Jahrb. Bd. III. 1863. — A. Wigand, Zur Morphologie und Syftematik der Gattungen Trichia und Arcyria. Seite 1. Pr. Jahrb. Bd. III. 1863. — A. de Bary, Ueber die Myxomyceten. Bot. Ztg. 58. — A. Famintzin, Beitrag zur Kenntniß der Myxomyceten. Bot. Ztg. 73. — Fuckel, *Symbolae mycologicae.* Wiesbaden. J. Niedner. 1869.

[2]) Die Fadenkeimung aus der Myxomycetenfpore ift bis jetzt nicht mit Beftimmtheit beobachtet, oder doch nur an folchen Formen, welche nicht mit Beftimmtheit dem Verwandtfchaftskreife zugerechnet werden dürfen, f. Cienkowsky, a. a. O. S. 420 ff.

Die Myxomyceten ſchützen ſich gegen Austrocknung, indem ſie ſich encyſtiren; dieß gilt ſowohl für die Schwärmer, welche alsdann ſich in eine kuglige Zelle mit ſehr dünner Membrane umbilden (Mikrocyſte), als auch für die Plasmodien, welche unter den gleichen Umſtänden ſich in mehrere derbwandige Cyſten umwandeln. Waſſerzufuhr und Wiederherſtellung der geeigneten Lebensbedingungen bewirken, daß der Schwärmer wieder frei wird, daß das Plasmodium wieder in den beweglichen Zuſtand übergeht. Endlich iſt der Uebergang vom Plasmodium in Zellen beobachtet.

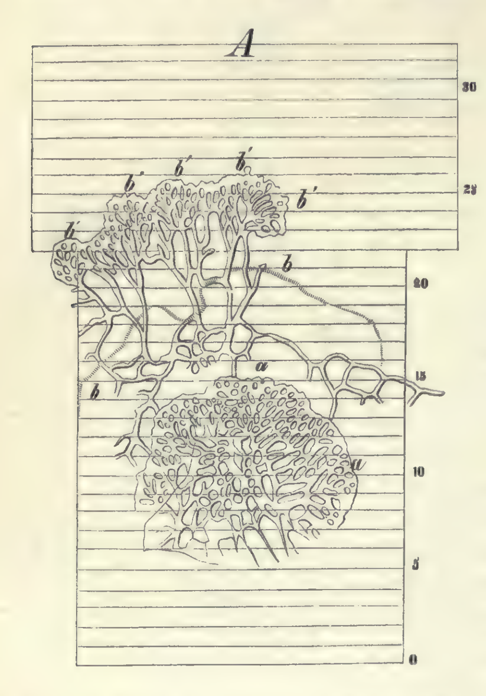




Fig. 87. *A* ein Plasmodium auf einer unter 45° geneigten Platte rückt gegenſinnig zur Schwere von *a a a* nach *b b b* und *b′ b′ b′* vor, nat. Größe. *B* Plasmodium auf horizontaler Platte, nat. Größe, nach Rosanoff.

Die Entwicklung der Myxomyceten ſchließt ab mit der Bildung der Sporangien. Im Allgemeinen verläuft dieſer Proceß ſo: die Plasmamaſſe ſammelt ſich zu großen Klumpen, aus dieſen erheben ſich cylindriſche oder ſphäriſche Warzen, welche ſich in kurzer Zeit mit einer dünnen Haut überziehen. Dieſe «Peridie» umhüllt die ganze Plasmamaſſe. Im Innern differenzirt ſich das Haargeflecht, Capillitium. Im complicirteſten Falle, etwa Stemonitis fusca, Fig. 89, entſpringt das Capillitium als vielfach veräſteltes Netzwerk an einem axilen maſſiven Zellſtofffaden *A*, welcher an der Baſis in die ſtructurloſe erhärtete Maſſe des Plasmodium übergeht. Die Plasmamaſſe im Innern der Peridie zerfällt in zahlreiche kleine kuglige, braun oder violett gefärbte Sporen mit derber doppelter Membran. Der ganze Proceß von der Anſammlung der Maſſe des Plasmodiums bis zur fertigen Ausbildung der Sporen erfordert unter Umſtänden nur 12—24 Stunden. Zuletzt wird die Peridie trockenhäutig, ſie zerreißt; die Sporen verſtäuben, ruhen und keimen auf geeignetem Subſtrat, auch in künſtlichen Culturen.

a) Lycogala, de Bary.

Die Sporangien ſind ſitzend mit feſter doppelter Membrane mit einer Oeffnung am Scheitel. Das Capillitium iſt mit der inneren Membranlamelle verwachſen in veräſtelte bandartige Zellſtofffäden. Die Columella fehlt. Die Sporen ſind in unreifem Zuſtande roth, zur Zeit der Reife braun. Die Kalkablagerung im Sporangium fehlt. Lycogala, Micheli; Reticularia, Fries. An faulendem Holze, an Wurzeln im Moos; die Sporenreife meiſt im Herbſt.

b) Trichiaceen, de Bary.

Die Sporangien ſind ſitzend oder geſtielt; das Capillitium fehlend oder rudimentär mit netzartigen Fäden. Die Columella fehlt. Die Sporen roth, braun oder farblos. Das Capillitium vorhanden: Trichia, de Bary; Arcyria, Hill; Dictydium, Oribrasia, Schrader; Perichæna, Fries. Das Capillitium fehlt: Licea Tubulina.

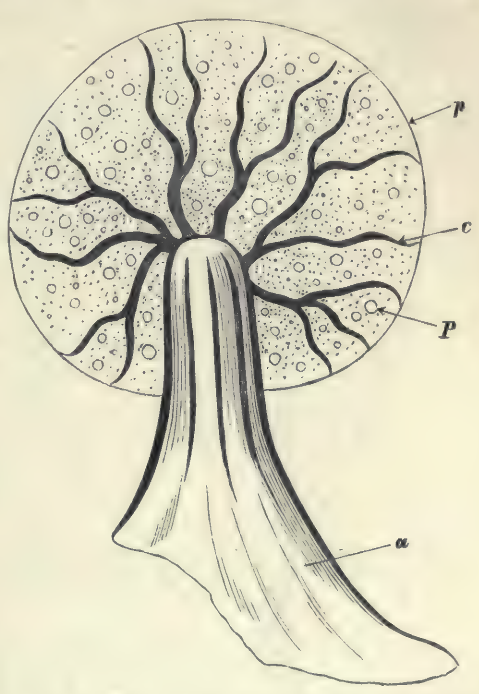


Fig. 88. Capillitium eines Myxomyceten. *a* ſtructurloſe Lamelle, *p* Peridie, *c* Haarfäden, *P* Protoplasma.

Bei den Trichiaceen kommen iſolirte Fäden mit knotiger oder ſpiraliger Verdickung vor, welche mit den reifen Sporen aus der Peridie entlaſſen werden (Schleuderer oder Elateren). Dieſe erſcheinen areolenartig doppelt oder einfach geſtreift, dichotomiſch verzweigt, ſpitzfaſerig. Sie ſpielen bei der Verwehung der Sporen, dadurch daß ſie hygroſkopiſch ſind, ſich im trocknen Zuſtande ſpiralig krümmen, im naſſen ſtrecken, eine Rolle in der Mechanik des Ausſtreuens.

Die Trichiaceen bilden ihre Sporangien am faulenden Holze, an der Rinde der Waldbäume, Buche, Pappel u. a. m.

c) Stemoniteae, de Bary.

Die Plasmodien leben in der Walderde und bilden bis mehrere Centimeter große weiße Schleimklümpchen mit groben dendritiſchen oder mamellenartigen Ausſtülpungen. Die Capillitien in Colonien ſpindelförmig oder cylindriſch mit einem feſten Axenſtrang, welcher in die formloſe er-

härtete Masse des Plasmodium bei *B B'* übergeht. Die Peridie ist eine dünne Haut, *c* Fig. 89. Das Capillitium aus dünnen Netzfasern ist reich gegliedert, schließt an die Haut der Peridie an. Das Maschenwerk des Capillitium ist mit den kugligen Sporen erfüllt.

Einzige Gattung: Stemonitis, GLEDITSCH. Im Walde an faulendem Holze, im Moospolster und ähnlichen Orten. Sporenreife im Spätsommer.

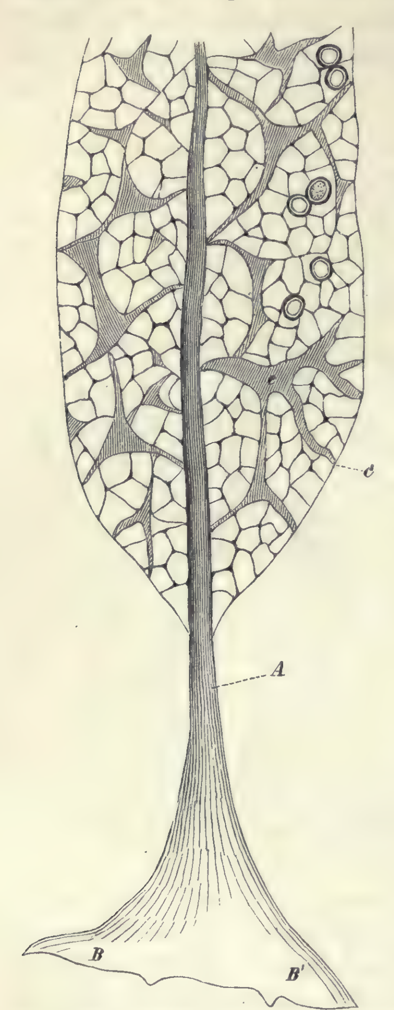


FIG. 89. Capillitium von Stemonitis fusca. Der Körper entspringt in *B B'* der structurlosen erhärteten Plasmamasse, ist in der Achse *A* in einen massiven Zellstoffstab und außerordentlich feine, hie und da (in *c*) verbreiterte Haarfäden differenzirt, welche in eine feine Hülle verlaufen (300/1).

d) Physareae, DE BARY.

Das Sporangium ist beiderseits mit Kalkablagerungen versehen, sitzend oder gestielt. Das Netzwerk des Capillitium mit der Haut der Peridie in Verbindung. Sporen violett oder violettbraun.

Diachæa, FRIES; Spumaria, PERSOON; Aethalium, LINK; Didymium, Physarum u. a. m.

Aethalium septicum kommt an feuchten Waldstandorten hie und da vor.

Aethalium vaporarium in der Gerberlohe ist das zugänglichste Studienobject für das Studium der Plasmodien. In *III* der Fig. 90 ist ein Plasmodium dieses Mixomyceten nach einem Photogramm festgehalten (s. Bd. I. des Handbuches, S. 22).

2. Untere Stufe der Mycelbildner.

Wenn bei den Myxomyceten die Fadenkeimung mit Bestimmtheit nachgewiesen ist, so ist auch ihr morphotischer Anschluß an die niederen Mycelbildner nachgewiesen. In dieser Gruppe von Pilzen kommt die Keimung mit Schwärmern, mit der Fadenkeimung bei einer und derselben Art vor (Peronospora). Wir betrachten hier die:

II. Phycomycetes:

Chytridiaceae, Saprolegnieae, Mucorini, Peronosporeae, DE BARY.

Der gemeinschaftliche Zug dieser mikroskopisch kleinen Pilze liegt in

der rudimentären Ausbildung des vegetativen Körpers des Mycelium. In Bezug auf die Lebensweise laſſen ſich zwei Gruppen bilden:

Endophyte Phycomyceten: Chytridiaceae, Peronosporeae ſind durchaus auf lebende Pflanzen angewieſen. Hierher gehört auch ein Theil der Mucorini.

Endozoe Phycomyceten: Saprolegnieen ſind auf lebende Thiere oder Thierleichen angewieſen.



Fig. 90. *I* der Schwärmer von Aethalium septicum. *II* die Amöbe von Aethalium. *III* das Plasmodium von Aethalium. *IV* die amöboiden Bewegungen eines Plasmatropfens der Spongilla innerhalb fünf Minuten. *V* das Capillitium eines Myxomyceten auf einem Moospflänzchen.

a) Chytridiei, de Bary. (Literaturzuſammenſtellung, ſ. Bd. I. d. Handbuchs, S. 638.)

Dieſe in der neueren Zeit genauer unterſuchten, ſehr kleinen Paraſiten bewohnen die Algen des Süßwaſſers: Closterium, Conferven; kommen aber auch auf den Blättern höherer Pflanzen: Anemone, Taraxacum, Mercurialis, auf den Wurzeln der Erle vor. Die Gattung Synchytrium (de Bary und Woronin) ſtellt die niedere Stufe in der Geneſe dar. Dieſe Pilze beſchränken ſich auf die Bildung von Schwärmſporen (Zooſporen), welche wiederum auf der Epidermis der Nährpflanzen keimen. In der Epidermis der befallenen Pflanzen: Succisa, Taraxacum, Anemone, Mercurialis u. a. m. findet ſich eine ſphäriſche Epidermiszelle, welche ſich unter dem Einfluß des Paraſiten vergrößert hat; dieſelbe enthält die zunächſt einfache, mit feſter, braun oder roth gefärbter Membran verſehene Chytridiumzelle. Das Plasma dieſer iſt farblos oder durch ein an feinvertheilte Oeltröpfchen gebundenes Pigment orange oder gelb gefärbt. Dieſe Chrytridiumzelle häutet und theilt ſich in zahlreiche Mutterzellen der Sporangien. Die Sporangienzellen werden iſolirt; in jeder entſtehen zahlreiche kuglige oder elliptiſche Zooſporen, welche

die dünne Haut der Sporangien an einer Stelle durchbrechen und austreten. Sie besitzen einen oder zwei Pigmentkörper und eine einzige Cilie. Die Schwärmer dringen durch die Epidermis und bilden sich dort zu Ruhezellen um, welche zunächst mit einer dünnen Membran versehen sind. Bei der systematischen Gliederung der Chytridien kann die Beschaffenheit der Membran der Ruhezellen und die Farbe des Plasma zu Grunde gelegt werden. Die Chytridiumarten verursachen nur eine geringfügige Störung in der befallenen Nährpflanze, welche sich auf die Umbildung weniger Epidermiszellen zu einem Wärzchen in der Nähe der Ruhezelle beschränkt. Genauer untersucht sind Synchytrium globosum, anomalum, taraxaci, succisae, stellariae, aureum (s. SCHRŒTER, a. a. O.).

Den nächst höheren Schritt in der Entwicklung zeigt die in der neueren Zeit durch NOWAKOWSKY eingehender studirte Gattung Polyphagus. Die Schwärmzelle, Zoospore dieser Chytridiee befällt die Euglena viridis mit einem Haustorium, welches in den Wirth eindringt. Der Parasit erhält eine feste Membran, ist von kugliger oder keulenförmiger Gestalt und sendet zahlreiche Wurzelfäden aus, welche die Euglena befallen. Die Vermehrung geschieht zunächst durch Zoosporen. Die Zoosporangien werden gebildet, indem der gesammte Plasmakörper aus der kugeligen Zelle austritt, sich zu dem Zoosporangium gestaltet. In dem Plasma derselben differenziren sich zahlreiche Zoosporen mit einer Cilie und einem gelben Pigmentkörper. Die Keimung der Zoosporen erfolgt sehr rasch. Die Propagation der vegetativen Körper ist dementsprechend ebenfalls sehr beschleunigt, so daß in den künstlichen Culturen bald eine Ueberfüllung und endlich, nachdem alle Euglenen getödtet und verzehrt sind, das Absterben eintritt. In den dichten Colonien bildet sich in der Cultur nach zahlreicher Wiederholung der geschlechtlosen Generation die geschlechtliche. Es bilden sich zweierlei Polyphagusformen aus, die Männchen sind kleiner, die Weibchen größer. Die Plasmakörper werden entlassen. Das Protoplasma wölbt sich zu einer Blase, welche aus einer vorgebildeten Oeffnung austritt. Es bildet eine ovale Masse, welche vor der Oeffnung liegen bleibt und stellt die Gonosphäre oder Befruchtungskugel dar, welche jedenfalls membranlos oder doch mit einer nur plastischen Hülle versehen ist; mit dieser kommt das Haustorium eines Männchens in Berührung. Die Befruchtung geschieht so, daß der gesammte plasmatische Inhalt des Männchens sich durch die Röhre des Haustorium nach der Gonosphäre ergießt. Die vereinigte Plasmamasse umhüllt sich mit einer anfangs zarten, später doppelt geschichteten (Exine, Intine) Membran und wird zur glatthäutigen Oospore. Außer dieser bilden sich auch in den gleichen Culturen durch Copulation stachelhäutige Jochsporen. Die Keimung der glatthäutigen tritt nach einigen Wochen ein; der Plasmainhalt wird zum Zoosporangium.

Stellen wir die Evolution für mehrere Generationen zuſammen, ſo kommt eine auffällige Analogie mit einigen Algen zum Vorſchein:

I. die Zooſpore keimt und bringt ein Prosporangium, den vegetativen Körper des Paraſiten, hervor, aus dieſem das Zoosporangium: Zooſpore u. ſ. f.;

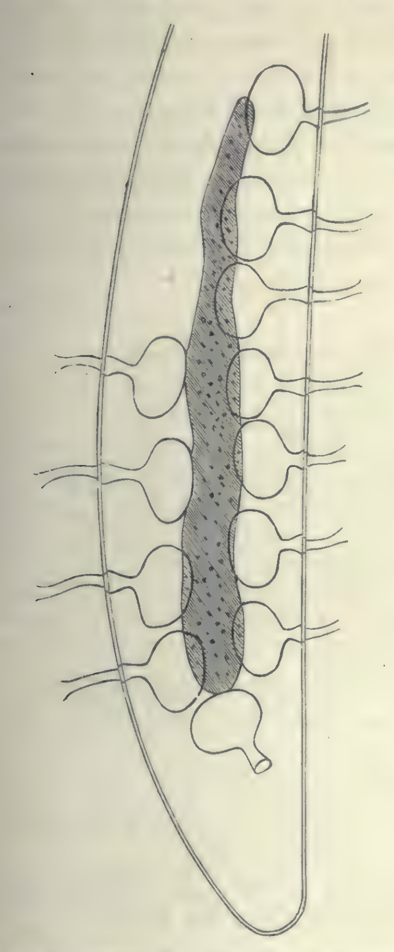


Fig. 91. Abſterbendes Exemplar von Closterium Lunula, auf deſſen zu einem braunen Strang contrahirtem Inhalte zwölf Exemplare von Chytridium endogenum ſitzen, welche die Zellhaut durchbohren und als Röhrchen über dieſelbe hervorragen, ſie ſind ſämmtlich entleert.

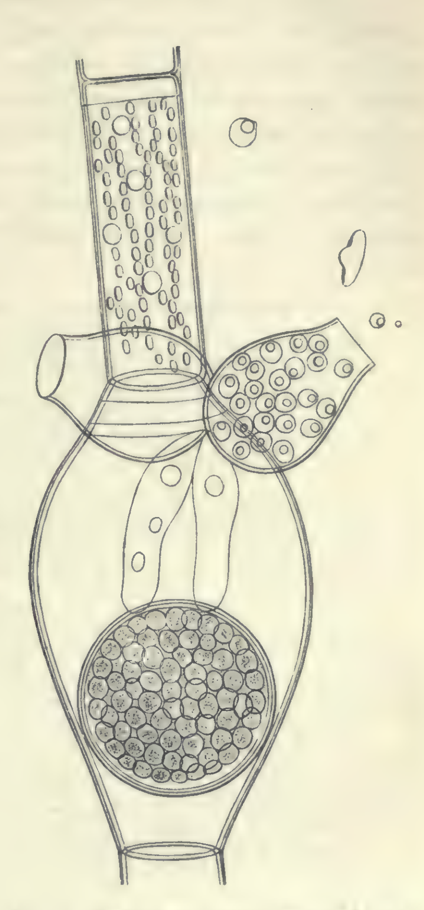


Fig. 92. Ein Faden von Conferva bombycina, welcher zwei Exemplare des Chytridium Lagenula trägt. (A. Braun, Ueber Chytridium etc. Aus den Abh. der Königl. Akad. zu Berlin 1855.)

II. endlich erfolgt die Bildung von Männchen und Weibchen aus der ungeſchlechtlichen Generation. Vereinigung zweier Plasmamaſſen. Ruhezuſtand. Keimung: Zoosporangium. Zooſpore, Keimung und Anſchluß an I u. ſ. f.

Die höchſte morphotiſche Stufe erreichen in der Gruppe dieſer niederen Organismen die Gattungen Rhizidium, Obelidium und Clado-

chytrium. Die Formen ſind zum Theil zweizellig; die eine Zelle ſtellt ein zierlich dichotomiſch ſtrahlenförmiges Syſtem von Keimfäden dar, die zweite Zelle, ſpindelförmig oder kuglig, iſt das Zoosporangium. Sämmtliche Formen ſind paraſitär auf Algen: Conferven, Diatomeen, Cladophoren, Chætophoren u. a. m. (ſ. NOWAKOWSKY, a. a. O. S. 73 ff.).

Schinzia alni, ein in dieſen Verwandtſchaftskreis gehöriger Paraſit, lebt auf der Wurzel der Erle und erzeugt dort 2—3 mm große Anſchwellungen an der Rinde, in welchen die Sporangien entſtehen. Es ſind ſphäriſche Zellen, welche kleine ſtäbchenförmige Sporen entlaſſen. Dieſe keimen zu gegliederten Fäden in dendritiſcher Verzweigung. Die Knöllchen häufen ſich an der Erle zu tauſend und ſtellen bis fauſtgroße Geſchwülſte dar. Ein ähnliches Vorkommen findet ſich an der Wurzel von Lupinus (ſ. WORONIN, *Ann. d. sc. natur.*, *Série V*, Bd. VII.).

b) Saprolegnieae[1]).

Der vegetative Körper der Saprolegnieen iſt ein Schlauch mit farbloſem Plasma, welcher aus der Leiche der Inſekten hervorwächſt. Dieſe iſt in eine aus zahlreichen ſolchen Schläuchen beſtehende Wolke eingehüllt. An den Enden dieſer vegetativen Schläuche gliedern ſich die Oogonien und Antheridien ab, ſ. oben Fig. 85, 86. Ein Theil der Forſcher nimmt an, daß gewiſſe Saprolegnien durch Antheridienſchläuche, welche mit den Oogonien copuliren, befruchtet werden, während andere Gattungen, beziehentlich Arten, durch Spermatozoiden, welche in großer Anzahl in beſonderen Antheridien entſtehen und entleert werden, geſchlechtlich angeregt werden. PRINGSHEIM tritt in der neueren Zeit dieſer Anſchauung entgegen. Wir ſtellen hier die Reſultate dieſes Forſchers zuſammen:

I. der männliche Geſchlechtsapparat der Saprolegnien wird in der ganzen Familie in weſentlich gleichartiger Weiſe von den Antheridienſchläuchen gebildet, welche ſich an die Oogonien anlegen;

II. diejenigen Saprolegnien, welchen dieſe Antheridien fehlen, ſind nicht ſowohl diöciſche Arten, ſondern **parthenogenetische Formen,** deren Befruchtungskugeln ohne ſexuellen Eingriff reifen und keimen;

III. die geſchlechtlich befruchteten und die parthenogenetiſchen ſind urſprünglich vollkommen gleich. Die parthenogenetiſch entſtandenen Ooſporen keimen aber früher wie die ſexuellen.

IV. Mit Ausnahme der niederen Glieder der Familie, wo der Act der

---

[1]) Literatur, ſ. Bd. I. S. 638. — O. BREFELD, Ueber die Emtomophthoreen und ihre Verwandten. 345. 368. Bot. Ztg. 77. — N. PRINGSHEIM, Weitere Nachträge zur Morphologie und Syſtematik der Saprolegnieen. Pr. Jahrb. Bd. IX. S. 191.

Befruchtung eine Copulation iſt, beſteht derſelbe in einem complicirten Vorgang: Die Gonoſphäre oder Befruchtungskugel, d. h. die Geſammtplasmamaſſe des Oogonium zur Zeit der Geſchlechtsreife zeigt eigenthümliche hellere Flecken an der Peripherie; an dieſen bilden ſich kurze weibliche Copulationswarzen, welche mit dem Antheridienſchlauche verwachſen und die geſchlechtliche Miſchung zwiſchen den Antheridien und der Gonoſphäre vermitteln [1]).

Vegetative Eigenthümlichkeiten liegen bei den Saprolegnien in der Durchwachſung der entleerten Zoo- und Ooſporangien; ſo kommt es, daß von einem vegetativen Schlauch hintereinander mehrere Generationen dieſer ausgebildet und entlaſſen werden; ferner in der Keimung der Ooſporen, welche zuweilen im Oogonium vor ſich geht. Die Ooſpore treibt einen Schlauch, welcher die Wand des Oogonium durchbricht. Das Schema der Entwicklung iſt:

I. Zooſpore. Vegetative Pflanze. Zoosporangium. Zooſpore u. ſ. f.

II. Vegetative Pflanze: Parthenogenetiſche Ooſpore. Sexuelle Ooſporen. Ruhe und Keimung der Ooſporen. Directe Keimung ohne vorherige Ruhe: vegetative Pflanze und Zoosporangium. Anſchluß an I.

Der Bildung der Oogonien gehen mehrere Zooſporengenerationen voraus.

Durch dieſe Feſtſtellungen gewinnen die Saprolegnien einen beſſeren Anſchluß an die Peronoſporen.

c) Peronosporeae [2]).

Die Peronosporeae ſind durchaus paraſitäre Pilze; ſie ſchließen ſich durch die Generation (ſ. oben S. 149) an die Saprolegnieae an. Wir haben die Fortpflanzungsorgane bei der Einleitung in die Generation der Pilze beſchrieben. Die Generation der Conidien eilt der Ooſporengeneration voraus bei der einen Gattung Cistopus, wo beide Propagationsorgane vorkommen. Die Keimſchläuche dringen zum Theil durch die Spaltöffnung, zum Theil durch die Membran der Epidermis in's Innere der Nährpflanze.

---

[1]) «Eine Reihe untergeordneter Eigenthümlichkeiten bei der Bildung und Entleerung der Zooſporen, die zu Gattungsmerkmalen erhoben worden ſind, begründen weder genetiſche, noch ſpecifiſche Differenzen, ſondern ſind Andeutungen einer bei einigen Species auftretenden, bald mehr, bald weniger conſtanten Dimorphie, die ſich in verſchiedener Reife der Zooſporen ausſpricht. Ebenſo können verſchiedene Formen der Geſchlechtsvertheilung bei derſelben Species auftreten; ſie ſind daher gleichfalls nicht als Speciescharaktere verwendbar.»

[2]) De Bary, in Morphologie und Phyſiologie der Pilze. S. 176. — Fuckel, *Symbolae mycologicae.* S. 73.

d) Mucorini, de Bary[1]).

Dieſe Pilze reihen ſich in morphotiſchem Sinne an die vorhergehenden wegen des nicht gegliederten Mycelium, welches auf verweſenden Subſtanzen vegetirt. Die Generation iſt für einige Formen bekannt und bietet ein morphologiſches Intereſſe für:

a) Syzygites (Rhizopus) megalosporus u. a. m., deren vegetatives Mycelium auf (und in) den Hüten einiger Agaricusarten wächſt; von dieſem Mycelium erheben ſich ungegliederte Schläuche, welche am Ende ein kugliges Sporangium abſchnüren. Dieſe Form wurde früher Sporodinia genannt. Außer dem Sporangium entſtehen aus demſelben Mycelium die oben (S. 85) beſchriebenen Jochſporen. Die Keimung der Jochſpore führt zu einem ungegliederten Schlauch, welcher mit einem Sporangium abſchließt.

b) In gleichem Sinne waren früher mehrere Sporenformen als ſelbſtändige Pilzformen angeſehen, welche jetzt durch die Entwicklungsgeſchichte in genetiſchen Verband gebracht worden ſind: Mucor, Mucedo.

Die Entwicklung beginnt aus dem Mycelium mit der Bildung von kugligen Sporangien, welche zahlreiche derbwandige, unbewegliche Sporen entlaſſen; hierauf entwickeln ſich aus demſelben Mycelium vielfach dichotomiſch verzweigte Fruchthyphen, welche an den Zweigendigungen kleinere Sporenbehälter bilden, Sporangiolen mit wenigen Sporen. Dieſe Sproßform wurde früher Thamnidium elegans genannt. Zuletzt treten aus demſelben Mycelium noch Conidien in wirtelig geſtellten Seitenzweigen der letzten Ordnung als kleine ſphäriſche Zellchen auf, welche durch Abſchnürung frei werden. Die Keimung aller dieſer Sporenformen auf eiweißhaltiger Flüſſigkeit führt zur Bildung reich verzweigter Mycelien.

c) Pilobolus, ebenfalls mit mehreren Sporenformen, ſchleudert das Sporangium von der Trägerzelle hinweg. Durch den hydroſtatiſchen Druck in der Trägerzelle werden die Membranen in Spannung verſetzt, bis der Zuſammenhang zwiſchen ihnen gelöſt wird. Durch die Contraction der nun plötzlich frei werdenden Wandſtücke wird das Sporangium fortgeſchleudert.

Einige Mucorineen ſind Gährungserreger (Mucor Mucedo). Die wichtigeren Gattungen ſind Pilobolus auf Dünger, Hydrophora, de Bary, auf Koth, Mucor, de Bary, auf Koth, Hemescyphe, Corda, auf faulenden Früchten. (Sporodinia, Link; Syzygites auf Agaricineen.)

---

[1]) De Bary, Morphol. u. Phyſ. d. Pilze, a. a. O. S. 176. — Brefeld, Bot. Unterſ. I. Heft. A. Felix. Leipzig 1872. Zygomycetes. — J. Klein, Zur Kenntniß des Pilobolus. Pr. Jahrb. Bd. VIII. Seite 305.

3. Mittlere Stufe der Mycelbildner.

Hypodermier: Uſtilagineen, Uredineen.

Die Mycelien dieſer Pilze ſind gegliedert und verzweigt endophyt, auf lebende Pflanzentheile (Culturpflanzen) angewieſen. Die hierher gehörigen Paraſiten befallen faſt alle Phanerogamen und Nadelhölzer, ſind zum Theil verderbliche Krankheitserreger. Zwei gut umſchriebene Verwandtſchaftskreiſe laſſen ſich aufſtellen. Die Keimung der Sporen oder Sporidien vollzieht ſich auf der Epidermis der Nährpflanze. Die aus der Spore hervortretenden gegliederten oder zunächſt einfachen Keimſchläuche dringen durch die Spaltöffnung der Epidermis oder reſorbiren die Exine und Intine der Epidermis gerade ſo weit, daß der Keimſchlauch eindringen kann. Außer der Lebensweiſe haben die beiden hier zu betrachtenden Familien keine Verwandtſchaft in der Form; auch iſt bei beiden ein höherer ſexueller Act mit Ausnahme der Copulation der Sporidien bei Tilletia (ſ. oben S. 86) nicht bekannt.

a) Ustilaginei, Tulasne[1]).

Die Sporen ſind ſchwarzbraun mit deutlichem Exosporium, welches leiſtenförmige Verdickungen zeigt. In der Geſtalt von der Kugelform bis zum Ellipſoid ſchwankend, einzellig. Die Keimung vollzieht ſich auf der Epidermis der Culturpflanzen. Das Endosporium treibt entweder einen Keimſchlauch, welcher direct die Epidermis durchſetzt, Ustilago, oder es entſteht zunächſt ein auf der Epidermis hinwachſendes Promycelium, an welchem ſich durch Sproſſung zahlreiche, in Winkeln geordnete, lineal ſpindelige Sporidien abgliedern, welche je zwei und zwei durch mittlere Schläuche zu H-förmigen Gebilden copuliren. Dieſe löſen ſich von dem Promycelium und treiben die Keimſchläuche, welche wie bei Ustilago durch die Epidermis eindringen. So verhält ſich Tilletia.

Die Uſtilagineen verurſachen in den von ihnen befallenen Pflanzentheilen mächtige Deformirungen. Bei dem Maisblüthenſtand ſchwellen alle Gewebe zu kopfgroßen Krebſen an; hierbei tritt zuletzt vollſtändige Zerſtörung aller ſonſt lebensfähigen Gewebe und der Verluſt der Früchte ein. Ebenſo werden die Fruchtknoten der Gräſer durch Ustilago, Carbo, Tilletia, Caries secalis zerſtört. In der vertrockneten, verſchwindend kleinen Maſſe liegt das ſchwarze Sporenpulver.

Die Entwicklungsgeſchichte der am endophyten Mycel gebildeten Sporen iſt bis jetzt nicht bekannt.

Ustilago, Tulasne, Tilletia, Tul., Sorosporium, Rudolphi, Urocystis, Léveille, Tecaphora, Fingerh., Tuburcinia, Berkley.

---

[1]) Lit. ſ. Bd. I. d. Handbuchs, S. 639. — Tulasne, *Ann. d. sc. nat. IV.* 2. — J. Kühn, *Tilletia Secalis*, eine Kornbrandform des Roggens. 490. Bot. Ztg. 76.

b) Uredinei (Tul.), de Bary[1]).

Die durchaus endophyten Roſtpilze ſind durch ihre Pleomorphie[2]) berühmt geworden. Die vollkommenſte Entwicklungsgeſchichte bietet der Getreideroſt, Uredo graminis. Für den ganzen Cyclus der Entwicklung ſind hier zwei Nährpflanzen nöthig (ſ. Bd. I. Ueber Bedingungen der Pilzinfection, S. 643 ff.). Wir beginnen mit der zweizelligen Teleuto- (Puccinia-) ſpore, welche von dem Getreide des vorigen Jahres ſtammt, auf dem Blatte der Berberitze anfliegt, auf der Epidermis keimt. Die Spore entſendet zwei gegliederte Keimſchläuche, von welchen einer durch einen Keimporus am Scheitel der oberen Zelle, der andere an der Seite der unteren Zelle ausbricht.

Dieſe Promycelien ſind epiphyt, haften mit kleinen Saugwarzen (Hauſtorien) an der Epidermis; ſie bilden an Seitenzweiglein der nächſten Ordnung die nächſte Generation von einzelligen ſphäriſchen Sporidien, welche wiederum auf der Epidermis anfliegen und mit ihrem Keimſchlauch direct durch die Epidermis eindringen. Die Seitenzweige des Promycelium (die Sterigmen), welche durch Abſchnürung ihrer angeſchwollenen Enden den Sporidien Urſprung geben, vermögen auch direct in die Epidermis einzudringen. Dieſem Entwicklungsgang bis hierher entſpricht der analoge bei Chrysomixa abietis, einer Roſtpilzform, welche direct von einer Zweiggeneration nach der nächſtjährigen bei der Fichte überſiedelt (ſ. weiter unten). Das Mycelium im Innern des Berberitzenblattes bewirkt, daß das Blatt deformirt wird; es ſchwillt an den befallenen Orten zur drei- bis vierfachen Dicke des normalen Blattdurchmeſſers an; in den Anſchwellungen entſtehen die Sporenlager des Aecidium berberidis. In genetiſchem Zuſammenhange von der keimenden Sporidie der Teleutoſpore hergeleitet, erhalten wir dieſes Schema:

Sporidie—endophytes Mycelium:

Aecidioſporen auf der Blattoberſeite.	Aecidioli, Spermogonien auf der Blattunterſeite.

Die Entwicklung der beiden Sporenbehälter geht unter der geſchloſſenen Epidermis vor ſich; von den dicht verflochtenen Mycelfäden gliedern ſich die Aecidiumſporen in der Richtung von außen nach innen reihenweiſe ab; dieſelben ſind cubiſch oder polyedriſch. Die Sporenketten ſtehen in einem eingeſenkten Becher, welcher von einer pſeudoparenchymatiſchen, den Becher

---

[1]) Literatur, ſ. Bd. I. d. Handbuchs. S. 638, 639.

[2]) Manche Autoren nennen die Entwicklungsgeſchichte der Uredineen einen Generationswechſel.

umfaſſenden Wucherung des Hyphengeflechtes eingehüllt iſt (die Pſeudoperidie)[1]). Zur Zeit der Sporenreife, acht bis vierzehn Tage nach der Infection des Blattes, öffnet ſich der Becher durch Zerreißen der Epidermis, die Aecidiumſporen verſtäuben.

Die Spermogonien enthalten außerordentlich kleine, in Reihen abgegliederte Zellchen. Die Reihen ſind radial in dem ſphäriſchen Spermogonium geordnet. Die Verſtäubung geſchieht durch eine kleinere Oeffnung an dem Scheitel des Spermogonium. Ob eine geſchlechtliche Beziehung zwiſchen den Sporen der Spermogonien und der Aecidioſpore beſteht, iſt bis jetzt nicht aufgeklärt. Die Aecidiumſpore fliegt auf dem Getreide an, keimt mit einem Schlauch auf der Epidermis, welcher durch die Spaltöffnung des Blattes oder Halmes eindringt. Von der keimenden Spore des Aecidium auf Secale erhalten wir dieſes Schema für den genetiſchen Zuſammenhang:

Aecidioſpore—endophytes Mycelium.

zuerſt Uredoſporen einzellig auf einzelligen Sterigmen.	zuletzt oder gleichzeitig mit erſteren Puccinia (Teleutoſporen, zweizellig).

Die Uredoſporen entſtehen an cylindriſchen Endigungen des ſubepidermalen Mycelium als eiförmige Zellen von brauner Farbe mit deutlichem Endo- und Exosporium. Das Endosporium beſitzt im Aequator der Spore mehrere Poren, durch welche die Keimſchläuche bei der Ausſaat hervortreten. Uredo verſtäubt und keimt eventuell (unter den geeigneten Witterungsbedingungen) wieder auf Getreide im ſelben Sommer. Der Keimſchlauch dringt wie bei Aecidium durch die Spaltöffnung in die Nährpflanze.

Die Pucciniaſpore iſt zweizellig, entſteht ebenfalls an der Sterigme; ſie ſchließt die Generation ab und geht hinüber auf Berberis, wo ſie den Anſchluß an die Generation des nächſten Jahres erzielt.

Im Anſchluß an dieſe hervorragende Entwicklungsgeſchichte, welche von de Bary klargelegt wurde, ſind die folgenden noch von morphotiſchem Intereſſe. Wir können ſie in kurzer Faſſung zuſammenſtellen:

I. Iſolirte Teleutoſporen mit directer Reproduction; ein einziger Wirth, die Fichte, Picea excelsa.

Chrysomixa abietis verurſacht die Gelbfleckenkrankheit der Nadeln. Im Zeitpunkt der Entfaltung der diesjährigen Nadeln verſtäuben die Spo-

---

[1]) Ganz auffällige Pſeudoperidien von beträchtlicher Ausdehnung bildet Peridermium pini auf den Zweigen und Nadeln der Kiefer.

ridien von den im vorigen Jahre erkrankten Nadeln. Der Keimſchlauch dringt durch die Epidermis der jungen Nadel, bildet ein Mycelium, welches intracellular wuchert. Die Zellen ſind orange gefärbt mit einem an fein vertheilte Oeltröpfchen gebundenen Pigment. Noch im Herbſt entwickelt ſich an der befallenen Nadel das Fruchtlager (Stroma) unter der Epidermis. Im Mai, Juni des nächſten Jahres beſteht dasſelbe aus vielzellig gegliederten Ketten (Sterigmen), welche ſich ſtrecken, die Epidermis durchbrechen und aus Seitenzweiglein die Sporidien abgliedern. Die keimenden Sporidien ſchnüren oft ſolche der zweiten Ordnung ab, ehe die Infection der jungen Blätter ſtattfindet. Schema der Entwicklung:

Sporidie des erſten Sommers keimt, Promycelium; Sporidie der zweiten Ordnung dringt in das Blatt, bildet das endophyte Mycelium.

Stroma—Sterigme
\
Sporidie im zweiten Sommer.

II. Arten mit abgeſchloſſenem Generationswechſel und zwei Wirthen.

a) Teleutoſporen und Aecidium in Wechſelwirkung. Podisoma (Gymnosporangium) fuscum, Oersted, in der Rinde des Juniperus Sabina mit perennirendem, endophytem Mycelium, verurſacht dort eine Krebswunde, welche ſich in feuchtwarmen Sommertagen, Mai, Juni, öffnet und eine nackte 2—3 cm große Gallertmaſſe von oranger Farbe entläßt. In dieſer liegen die häufig ſchon in Keimung begriffenen Teleutoſporen. Sie ſind zweizellig mit deutlichem Exosporium. Sie häuten ſich, ſenden zwei cylindriſche, gegliederte Keimſchläuche (Promycelien) aus, von welchen mehrere Sporidien abgegliedert werden. Die Sporidien keimen auf den Blättern von Pyrus und Cratægus, bringen mit dem endophyten Mycelium 2—3 mm große Anſchwellungen des Grundgewebes hervor, in deren Einſenkungen die Aecidioſporenlager befindlich ſind. Dieſe Pilzform führt den Namen der Rœstelia cancellata. Die ſphäriſchen Sporen werden mit langen Schlauchzellen, welche an der Pſeudoperidie entſtehen, verweht und keimen wiederum auf Juniperus Sabina. Hierher gehören auch:

Gymnosporangium clavariaeforme auf Juniperus communis, das Aecidium auf Pyrus, Malus, Mespilus und Sorbus.

G. conicum. Die Teleutoſporen ebenfalls auf J. communis; die Aecidien auf Sorbus Aucuparia, S. torminalis und Aronia rotundifolia.

b) Aecidium und Uredoſporen in Wechſelwirkung. Peridermium, Aecidium pini auf der Kiefer im Blatt und der Nadel, das Mycelium in der Rinde der Zweige, wahrſcheinlich perennirend, auffällige Pſeudoperidie. Uredoform iſt Coleosporium senecionis, auf Senecio vernalis, vulgaris, viscosus und sylvaticus.

III. Isolirte Uredoform, unbekannte Teleutosporenwirthe.

Hierhin gehören Cæoma pinitorquum A., Br.; C. abietis pectinatae, Rees; C. laricis, R. Hartig, und andere Formen, welche mehr oder weniger (je nach dem Standorte) verheerende Blattkrankheiten erzeugen.

Die Anzahl der beschriebenen und zum Theil eingehend studirten Uredineengenera beträgt fünfzehn: Cæoma, Peridermium, Endophyllum, Coleosporium, Melampsora, Phragmidium, Xenodochus, Triphragmium, Puccinia (mit 82, nach den Nährpflanzen, aus fast allen Phanerogamenverwandtschaftskreisen, benannten Arten im rheinischen Florengebiete), Puccinella, Uromyces, Trachyspora, Podisoma, Gymnosporangium, Cronartium.

4. Obere Stufe der Mycelbildner.

Die zwei höheren Verwandtschaftskreise der Pilze sind die Ascomycetes und die Basidiomycetes mit zahlreichen Familien und zwei- bis dreitausend Arten im mitteleuropäischen Florengebiete.

Die Aufgabe eines Handbuches der Morphologie und Entwicklung ist nicht, hier eingehend die Formen zu beschreiben. Wir beschränken uns auf die Betrachtung der genetisch genauer gekannten Formen.

I. Ascomycetes[1]).

Die Pilze dieses vielgestaltigen Verwandtschaftskreises sind nach einer bestimmten Art der Sporenbildung benannt und zusammengestellt. Der

---

[1]) H. v. Mohl, Ueber die Traubenkrankheit. 137. Erklärung. 369. Ueber die Fleckenkrankheit der Maulbeerblätter und die Septoria mori. Bot. Ztg. 54. — L. R. Tulasne, *De organis apud Discomycetes propagationi inservientibus.* 49. *Quædam de Erisyphis animadversiones.* 257. Bot. Ztg. 53. — Aug. Stollmann, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sphärien. 193. 201. 9. Bot. Ztg. 63. — H. Bauke, Zur Entwickelungsgesch. der Ascomyceten. 313. Bot. Ztg. 77. — Aug. Stollmann, Ueber die Entwick. der Sporen von Sphæria capitellata. 377. Bot. Ztg. 62. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sphäriaceen. Bot. Ztg. 64. — W. Fuisting, Zur Entwickelungsgesch. der Pyrenomyceten. 369. 85. 401. 17. Beiträge zur Entwickelungsgesch. der Lichenen. 641. 57. 73. Bot. Ztg. 68. — F. Graf zu Solms-Laubach, Ueber einige behaarte Pezizen. 333. Bot. Ztg. 62. — H. v. Mohl, Ueber die Traubenkrankheit. 585. Bot. Ztg. 53. — N. Sorokin, Zur Kenntn. der Morchella bispora. 593. Bot. Ztg. 76. — W. Fuisting, Zur Entwickelungsgesch. der Pyrenomyceten. 177. 85. 93. 305. Bot. Ztg. 67. — W. Hofmeister, Ueber die Entwickel. der Sporen des Tuber æsticum Vittad. S. 378. Pr. Jahrb. Bd. II. 1860. — Tulasne, *Selecta fungorum carpologia.* 1865. *Parisiis Imper. jussu in imp. typograph. exaudebatur.* — N. Pringsheim, Ueber das Austreten der Sporen von Sphæria Scirpi aus ihren Schläuchen. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — M. Rasmus Pedersen, *Recherches sur quelques facteurs qui ont de l'influence sur la propagation de la levure basse du Saccharomyces cerevisiae.* Sep.-Abdr. — Dr. Oskar Brefeld, Unters. über die Alkoholgährung. Jul. Sachs, Arb. d. bot. Instit. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. — Dr. M. Rees, Zur Naturgesch. der Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae,* Meyer. Vorl. Mittheil. 105. Erklärung (in Sachen Hallier's). 512. Bot. Ztg. 69. — M. Traube, Ueber das Verhalten der Alkoholhefe in sauerstoffgasfreien

Ascus ift ein cylindrifcher oder fphärifcher Schlauch, in welchem die Sporen durch freie Zellbildung angelegt werden. Nach ihrer erften Differenzirung ift das Protoplasma des Ascus nicht vollftändig aufgebraucht, es wird im weiteren Verlaufe der Reifung aber von den Sporen reforbirt.

Die Fruchtkörper der höheren Ascomyceten find mit den Apothecien der Flechten entwicklungsgefchichtlich und geftaltlich, bis auf das Fehlen der Gonidien, identifch. Sie find daher die Pilze, welche im Flechtenthallus fich mit den niederen Algenformen zu gemeinfchaftlicher Aufgabe vereinigt haben (f. oben S. 69 ff.).

Auch die Gliederung des vegetativen Körpers der Ascomyceten ift identifch mit dem aus Hyphen gebildeten Theil des Flechtenthallus.

Der vegetative Körper ift ein Complex von zahlreichen, nach einheitlichem Bildungsgefetze wachfenden Hyphen. Die Ascomycetes zerfallen in fünf Gruppen von Familien: Pyrenomycetes, Tuberacei, Elaphomycei, Discomycetes.

a) Pyrenomycetes, Fries[1]).

Das Mycelium in diefer formenreichen Familie ift endophyt oder epiphyt. Die endophyten Hyphen find intracellular oder intercellular. Die

---

Medien. 42. Bot. Ztg. 1876. — Dr. A. de Bary, Ueber die Entwickel. u. den Zufammenhang von Aspergillus glaucus und Eurotium. Bot. Ztg. 54. — O. Brefeld, Die Entwickelungsgefchichte von Penicillium. Bot. Ztg. 72. — E. Lœw, Zur Entwickelungsgefch. von Penicillium. S. 472. Pr. Jahrb. Bd. VII. 1869/70. — Dr. Bonorden, Beobacht. über die Bildung der Spermoedia Clavus (Secale cornutum). 97. Beobacht. über den Bau der Agaricineen. 201. 9. Bot. Ztg. 58.

[1]) Die Syftematiker theilen diefen Verwandtfchaftskreis in vier Untergruppen, welche hier nach Fuckel (Symbolae) angeführt fein mögen:

I. Perisporiacei.

Das Mycelium diefer Pilze ift epiphyt auf Blättern und Zweigen mit kurzen Hauftorien, der Epidermis anhaftend. Die fphärifchen Perithecien mit pfeudoparenchymatifcher Hülle allfeitig gefchloffen; im Innern derfelben mehrere Asci, jeder mit 2—8 Sporen. Die Propagation gefchieht außerdem durch Conidien (Stylofporen, Tulasne) und Picnidien.

Lasiobotrys, Kunze u. Schmidt; Podosphæra, Sphærotheca, Phyllactinia, Uncinula, Calocladia, Léveille; Erisyphe (Lév.), Tulasne; Apiosporium; Dimerosporium; Chætomium (Kunze u. Schmidt); Zasundium, Fries; Eurotium (Link), de Bary; Preussia, Fuckel, und einige andere.

II. Acrospermacei.

Die hierher gehörigen Pilze leben in oder auf verwefenden Subftanzen; fie befitzen dreierlei Propagationsorgane: Conidien, Spermatien und gefchloffene Perithecien, welche fich mit einer Längsfpalte öffnen.

Acrospermum, Tode; Ostropa, Fries; Barya, Fuckel; Lophium, Fries; Mytilinidion, de Bary.

III. Ascosporei.

Meift fehr klein, mit Ausnahme einer Gattung (Ascophora) epiphyt; vegetiren auf

Lebensweiſe des vegetativen Körpers iſt ebenſo mannigfaltig wie die Generation. Die Pyrenomyceten bewohnen Thier- und Pflanzenleichen und deren Fäulnißproducte, ſowie auch lebende Pflanzen und Thiere, und ſind für dieſe in hervorragendem Grade Krankheitserreger. Bei allen Arten der hier zuſammengeſtellten Formen iſt der Zug, die Propagation durch bewegliche Sporen (Zooſporen) zu beſorgen, verloren gegangen, ebenſo wie die Bildung ſolcher Oogonien, welche durch Spermatozoiden befruchtet werden. Sexuelle Vorgänge durch Copulation ſind nur bei wenigen Arten bis jetzt bekannt. Bei allen herrſcht die Schlauchkeimung. Durch die eingehenden Unterſuchungen de Bary's, Tulasne's, Bail's ſind die Keimungsgeſchichten einer großen Anzahl der hierher gehörigen Pilze aufgedeckt.

Der gemeinſame Zug liegt in der Bildung der Perithecien. Das Mycelium modellirt ſich bei den höheren Formen durch Hyphenſproſſung zu einem geſchloſſenen Lager (Stroma), in welchem direct oder durch wiederholte Sproſſung die Perithecien entſtehen. Die Stromata verhärten bei gewiſſen Arten, Xylaria, Hypoxylon, zu ſpröden, ſchwarzgefärbten Maſſen (Carbonaceae), bei anderen differenziren ſie ſich in eine Medullar- und Corticalhyphenſchicht. Die ruhenden Stromata von Claviceps (Sclerotium) ſind von hornartiger Textur mit einer dünnen, braunen Rindenſchicht. Die Asci ſtehen im Stroma in ſphäriſchen Perithecien. Die Geſtalt der Ascoſporen ſchwankt innerhalb der weiteſten Grenzen. Einzellig von Kugelform (Eriſyphe) bis zur Geſtalt eines außerordentlich dünnen Cylinders (Hysterium, Claviceps, Cordyceps). Sie ſind einzellig oder mehrzellig. Die letzteren keimen mit mehreren, ſelten mit nur zwei Schläuchen. Die Ascoſporen werden durch Quellung der Asci und der ſie umgebenden Paraphyſen an dem Scheitel des Ascus entlaſſen, oder der Ascus bricht in einer Ringſtelle mitten durch (Hysterium macrosporum z. B.).

---

abgeſtorbenen und lebenden Pflanzentheilen. Die Propagation geſchieht durch Conidien, Spermatien und Schlauchfrüchte.

Ascospora, Fries; Stigmatea; Hypospila; Mikrothyrium.

IV. Sphæriacei.

Dieſe Gruppe beſitzt ſchüſſelförmige oder ſpindelförmige Perithecien mit deutlicher Mündung, durch welche die Sporen entlaſſen werden. Bekannt ſind die Ascoſporen, Conidien und Picnidien, und für einige ruhende Vermehrungskörper (Stroma) Sclerotien, welche die Generation abſchließen.

Hervorragend ſind ferner: Claviceps; Cordyceps; Sphæria. Im Ganzen etwa dreißig Gattungen mit zahlreichen Arten auf lebenden und todten Pflanzentheilen.

Vegetabicoli: Sphæria; Melanospora; Pleospora; Torrubia; Cordyceps; Claviceps; Nectria; Hypoxylon; Xylaria.

Fimicoli: Coprolepa, Hypocopra, Fuckel; Delitschia; Sporomia, de Not.; Pleophragmia.

Von einem und demſelben Mycelium entwickeln ſich gleichzeitig oder mit verſchiedener Dauer der Reife dreierlei Sporengenerationen: die Styloſporen, die Spermogonien und die Ascoſporen in den Peritheciis.

Generationswechſel.

Wir betrachten den genetiſchen Zuſammenhang, ſoweit er bekannt iſt, bei fünf Gattungen. Die niedere Form der ſexuellen Entſtehung iſt für den Beginn der Entwicklung, der geſchlechtliche Act bei der Erzeugung der Perithecien dargelegt; von demſelben Mycelium entſtehen zahlreiche, ſenkrecht zur Blattfläche orientirte Hyphenäſte.

Jeder dieſer ſchnürt eine ſphäriſche Spore ab, welche bald keimt und ſomit den Paraſiten auf neue Pflanzentheile überträgt, Oidium Tuckeri. Dieſer Erreger der Traubenkrankheit iſt die Styloſporenform einer Eriſyphe, von welcher das geſchlechtlich entſtehende Perithecium nicht bekannt iſt. Wir erhalten für die Eriſyphen mit vollſtändiger Ausbildung dieſes Schema der Keimung und Verbreitung:

Mycelium des laufenden Sommers:

bildet frühzeitig die Styloſporen, dieſe keimen noch im laufenden Sommer.	Perithecien, durch Copulation zweier Hyphenäſte entſtanden mit mehreren Ascis; die Reife findet erſt im Herbſt, die Keimung meiſt erſt im nächſten Jahr ſtatt.	Picnidien, auf vegetativem Wege gebildete Behälter mit zahlreichen Sporen, welche frühzeitig entlaſſen werden.

Die Eriſyphen bilden an dem berindeten Perithecium außerordentlich zierlich ſpiralig eingerollte, dichotomiſch verzweigte Hyphenauswüchſe.

Die nächſthöhere Stufe findet ſich bei Eurotium, einer Schimmelpilzform (ſ. S. 166 bei der ſyſtematiſchen Zuſammenſtellung). Für die Entwicklung, von einer Hyphe ausgehend, erhält man dieſes Schema:

I. von dem Hyphenaſt entſpringt ein gegliederter Schlauch, welcher in der keulenförmigen Endzelle zahlreiche Sterigmen bildet, an welchen die Conidien entſtehen. Dieſe verſtäuben frühzeitig und ſtellen die erſte vegetative Generation dar;

II. von demſelben Hyphenaſt entſtehen gleichzeitig oder wenig ſpäter Seitenäſte, deren Zweiglein letzter Ordnung ſich zu einer engen Spirallinie einwickeln und das jungfräuliche Ascogon darſtellen. Dasſelbe wird von einem Hyphenzweig desſelben Hyphenaſtes, dem Pollinodium, umſchlungen. Nach dieſer ſexuellen Vereinigung wachſen zahlreiche ſich gliedernde Zweiglein um das Ascogon; das ganze Gebilde nimmt an Größe zu, die

einzelnen Zellenketten theilen ſich. Das Ganze geſtaltet ſich zu einem ſphäriſchen Fruchtkörper (Cyſtocarp), in welchem man eine allſeitig geſchloſſene pſeudoparenchymatiſche Wand, ein wenigzelliges Füllgewebe unterſcheidet, in welchem das Ascogon als elliptiſcher Schraubenzellkörper eingeſchloſſen liegt. Dieſe Frucht, von der Größe eines halben Millimeters, zeigt eine ſchwarzviolette Farbe. Sie überwintert oder ruht doch längere Zeit und keimt mit zahlreichen Seitenſchläuchen, welche aus den Gliederzellen der Spirale entſpringen. Die Schläuche bilden ſphäriſche Asci mit vier bis acht Sporen[1]):

I. vegetativer Mycelaſt:

Conidienträger, Sterigmen, Conidien, Ausſaat dieſer in der laufenden Vegetationsperiode, directe Propagation.

Mycelaſt nächſter Ordnung, Zweig zum Ascogon, anderer Zweig zum Pollinodium.

Befruchtung, Reifung des Fruchtkörpers. Ruhe, Keimung mit Keimſchläuchen aus dem Schraubenkörper des Ascogon. — Zweiglein nächſter Ordnung werden zu Ascis. — Bildung und Ausſaat der Ascoſporen.

Mit der Keimung der Ascoſporen ſchließt die Entwicklung an I an. (Dieſe Entwicklungsgeſchichte iſt mit der Befruchtung der Florideen, insbeſondere der Dudresneya, [ſ. oben S. 120] zu vergleichen.)

Allgemeines morphologiſches Intereſſe beanſprucht die Entwicklung zweier Sphäriaceen, des Claviceps purpurea und Cordyceps militaris (vergl. Bd. I d. Handbuches S. 646 und die ſyſtematiſche Ueberſicht der Pyrenomycetes S. 166). Hier ſtehen bei Cordyceps zwei, bei Claviceps drei Pilzgebilde in genetiſchem Zuſammenhang, welche von den älteren Mycologen als ebenſoviele geſonderte Arten angeſehen wurden.

Der Verlauf für Claviceps möge mit Berückſichtigung der Keimung hier ſchematiſch dargelegt ſein:

I. die Infection des Fruchtknotens von Secale oder Triticum geſchieht durch die Ascoſpore von Claviceps zur Zeit der Blüthe der Cerealien. Von dem endophyten Mycelium gliedern ſich ab:

a) zahlreiche in Neſtern parallel geordnete Sterigmen: Conidien. Die Conidien werden verweht, keimen mit Schläuchen, bilden Conidien der

[1]) Es gibt zahlreiche Conidienpilze, für welche bis jetzt der genetiſche Anſchluß an die Ascomycetenform nicht gefunden iſt.

zweiten Generation; diese stellen, wie oben, die vegetative Propagation dar für den laufenden Sommer. Sie wurden früher Sphacelia genannt;

b) in dem endophyten Mycelium des zerstörten Fruchtknotens sproßt ein geschichteter Pilzkörper, aus dichtem Hyphengeflecht zusammengesetzt, zerreißt den Fruchtknoten, hebt den apicalen Theil als Calyptra empor und entwickelt sich zu dem cylindrischen, bis mehrere Centimeter langen Sclerotium Clavus, DE C. Dieser ruhende Pilzkörper reift zur Zeit der Getreideernte;

c) das Sclerotium besteht durchaus nur aus dem gleich dicht verwebten pseudoparenchymatischen Hyphengeflecht mit einer dünnen Corticalschicht. Es ruht mehrere Monate, bringt zuletzt die Ascosporengeneration hervor; die Stroma dieser entwickelt sich unter der Rindenschicht des Sclerotium, modellirt sich, nachdem dieselbe durchbrochen ist, zu einem bis 2 cm langen Stiel, welcher einen tellerförmigen Fruchtkörper trägt. In diesem differenziren sich zahlreiche Perithecien. Die Asci sind keulenförmige Schläuche mit acht cylindrischen Sporen. Mit der Aussaat der Ascosporen schließt die Entwicklung an I (oben) für das nächste Jahr an. Die Perithecien bildende Form ist Claviceps purpurea, KÜHN; Cl. mikrocephala, TUL.

Cordyceps militaris. Auf den Raupen von Sphinx euphorbiae, Bombyx pini und auf der Seidenraupe kommen die Conidienformen vor, welche die Insecten zum Erkranken bringen und tödten.

Conidienform:	Raupe:
Isaria farinosa	Bombyx pini,
Botrytis Bassiana	Sphinx euphorbiae, Gastropacha quercus.

Die Perithecie entsproßt nach dem Tode der Raupenleiche aus den Leibesringeln mit keulenförmiger Stroma und führt den Namen des Cordyceps militaris. Die Entwicklung ist genetisch derjenigen von Claviceps analog; es fehlt aber der ruhende Zustand (Sclerotium Clavus).

DE BARY impfte die Conidien von Botrytis Bassiana auf gesunde Raupen und fand nach wenigen Tagen das Blut des Thieres mit den Keimschläuchen des Pilzes inficirt. Diese wuchsen in künstlicher Cultur zu vegetativen Fäden aus, an welchen Sterigmen sproßten mit wirtelig gestellten Conidien. Damit ist zunächst der Nachweis geliefert, daß der Pilz der Krankheitserreger der Raupen ist[1]).

b) Tuberacei.

Das Mycelium ist unterirdisch, die geschlechtlichen Vorgänge bis jetzt nicht mit Bestimmtheit bekannt. Die Entwicklung schließt ab mit der Bil-

[1]) Vergl. auch BAIL, Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig. 1869. — TULASNE, *Select. fungor. carp.*, beschreibt eine größere Anzahl Insecten bewohnender Pyrenomyceten.

dung des knollenförmigen Fruchtkörpers. Derſelbe iſt in eine äußere, mehr oder weniger (Elaphomyces, Tuber) verhärtete Schale, die Peridie, welche häufig warzige Verdickungen zeigt, und die fleiſchigen Hymenialſchichten im Innern differenzirt. Dieſe ſind mäandriſch gewunden. Jede Hymenialfalte beſteht aus einer locker verflochtenen luftführenden Medullarſchicht und der Sporangien erzeugenden Schicht, welche zahlreiche kuglige Asci bildet. Die Sporen entſtehen in dieſem, nicht zu gleicher Zeit in der endlichen Anzahl von zwei bis fünf, zuerſt als kleine ſphäriſche Zellen mit einfachem Contour im Protoplasma des Innenraumes. In dem Maß, wie die Sporen heranwachſen, ihre Membran ausbilden, dieſe in eine Intine und das mit leiſtenartigen Erhebungen verſehene Exosporium umbilden, wird das Protoplasma, namentlich die Wandſchicht, das «Epiplasma», verzehrt, welches als eine breite Zone der Zellwand des Ascus angrenzte und ein von dem Protoplasma verſchiedenes Lichtbrechungsvermögen beſitzt. Tuber (Mich.) æstivum, excavatum, mesentericum u. a. m. in Laubwäldern mehr oder weniger in den Boden eingeſenkt.

c) Discomycetes[1]).

Das Mycelium bewohnt die Erde oder lebende und abgeſtorbene Pflanzentheile. Der geſchlechtliche Vorgang iſt bis jetzt nur bei wenigen beobachtet, z. B. Peziza confluens (ſ. oben S. 148, Fig. 83). Der Familiencharakter liegt in der Bildung der Fruchtkörper begründet, welche die Ascoſporen hervorbringen. Das endophyte oder auf der Erde lebende Mycelium formt ſich zu einem dichteren Hyphengeflecht (Subhymenium); die Endzellen dieſes orientiren ſich untereinander parallel und ſenkrecht zum

---

[1]) Die Unterfamilien der Discomycetes ſind nach Fuckel:

a) Stictei, Fries.
Nævia, Fries,
Habrostictis,
Stictis, Persoon,
Laquearia, Fries,
Schizoxylum, Pers.,
Xylographa.

b) Phacidiacei.
Exoascus, Fuckel,
Cryptomyces, Gréville,
Propolis, Fries,
Lophodermium, Duby,
Sporomega, Corda,
Colpoma, Wallr.,
Hypoderma, de C.,
Hysterium, Tode,
Glonium, Mühlenberg,
Aylographum,
Aporia, Duby,
Rhytisma, Fries,
Dublicaria.

c) Patellariacei, Fries.
Heterosphæria, Fuckel,
Lecanidion, Rabenhorst,
Sphinctrina, Pers.,
Cenangium, Fries,
Patellaria u. a. m.

d) Bulgariacei, Fries.
Caloria, Fries,
Agyrium, Fr.
Leotia, Hill,
Coryne, Tulasne,
Bulgaria, Fries,
Ascobolus, Persoon.

e) Pezizei.
Peziza,
Pseudo-, Mikro-, Pyreno-,
Tricho-, Hyalo-Peziza u. a. m.,
Genea.

f) Helvellacei, Fries.
Mitrula, Fries,
Geoglossum, Pers.,
Helvella, Linné,
Morchella, Dillen.

Lager (Peziza, Patellaria) zu Ascis, in welchen meiſt acht Sporen reihenweiſe oder zu acht gebündelt oder in zwei Faſcikel zu je vier Sporen (Hyſterium) entſtehen. Zwiſchen den Ascis und mit dieſen parallelläufig bilden ſich einzellige Paraphyſen aus. Bei den Discomycetes, welche ſich bei der Bildung ihrer Apothecien nicht an eine Nährpflanze anpaſſen müſſen, ſproßt das Apothecium aus zahlreichen Hyphen, welche ſich zu einer ſphäriſchen Knoſpe verflechten; in dieſer differenzirt ſich das Gewebe zu einer lockeren Medullarſchicht, an welche die ſubhymeniale ſich anſchließt. Die Knoſpe, urſprünglich geſchloſſen, modellirt ſich zu einem offenen, flachen oder concaven Teller, in deſſen Fläche die Asci entſtehen. Das Apothecium der Discomyceten iſt in der Form und Entwicklung identiſch mit dem Apothecium der Flechten.

Da die Asci, abweichend von den Pyrenomycetes, mit ihren oberen Enden an der Atmoſphäre liegen, ſo iſt die Ejaculation der Sporen unter dem Quellungsdruck, welcher zur Zeit der Sporenreife in dem Apothecium herrſcht, ſehr erleichtert. Dieſelbe erfolgt in allen Ascis gleichzeitig oder in verſchiedenen Zeitpunkten. Die Schlauchkeimung iſt bei einer großen Anzahl von Discomyceten bekannt. Bei einigen Gattungen kommen noch Styloſporen (bei Habroſtictis) und Spermogonien vor (Colpoma, Hypoderma, Hyſterium, Phacidium, Rhytisma, die Braunfleckenkrankheit der Ahorne). Die Keimung der Spermogonien iſt bei einigen Gattungen unterſucht. Die Sporenzellchen keimen zum Schlauch und ſchnüren unter Umſtänden wieder Spermatien der zweiten Ordnung ab.

II. Baſidiomycetes, DE BARY[1]).

Die höchſte Formentfaltung kommt dieſem Verwandtſchaftskreiſe zu. Dieſelbe kommt nicht ſowohl in dem vegetativen Körper, dem Mycelium, als in der Bildung der Fruchtkörper zum Ausdruck, inſofern hier eine lange

[1]) DE BARY, Morphologie u. Phyſiologie der Pilze. HOFMEISTER, Handbuch der phyſ. Bot. Bd. III. Die Schrift des Hadrianus Junius über den Phallus und der Phallus Hadriani. 114. Bot. Ztg. 1864. — H. HOFFMANN, Die Pollinarien und Spermatien von Agaricus. 137. 53. Bot. Ztg. 56. — R. HARTIG, Vorläuf. Mittheil. über den Paraſitismus von Agaricus melleus und deſſen Rhizomorphen. 295. Vorläuf. Mittheil. über Paraſiten der Waldbäume. 353. Bot. Ztg. 73. — Dr. ED. EIDAM, Die Keimung der Sporen und die Entſtehung der Fruchtkörper bei den Nidularien. COHN, Beitr. Bd. II. Heft 2. S. 221. — JUL. ROSSMANN, Beitr. zur Entwickelungsgeſch. des Phallus impudicus. 185. Bot. Ztg. 53. — F. L. SAUTERMEISTER, Zu Exidia recisa. Fr. 819. Bot. Ztg. 1876. — B. HESSE, Mikroſkopiſche Unterſcheidungsmerkmale der typiſchen Lycoperdaceengenera. PR. Jahrb. Bd. X. S. 383. — Dr. BAIL, Entſcheidung der Frage: «Was iſt Rhizomorpha?» S. 799. Bot. Ztg. 55. — H. HOFFMANN, Ueber Geaſter coliformis. P. 369. 385 Bot. Ztg. 73. — EDUARD EIDAM, Zur Kenntn. der Befruchtung bei d. Agaricus-Arten. 649. 665. Bot. Ztg. 75. — L. FUCKEL, Die Fructification von Rhizomorpha. PERS. 107. Bot. Ztg. 70. — M. REES, Ueber den

Reihe von Hyphengliedern ſich zu einem regelmäßig und complicirt gebauten Pilzhut oder einem becherförmigen Körper modeln (Nidularieen), in welchem die Hymenien entſtehen. Sexuelle Vorgänge ſind bei den Baſidiomyceten bis jetzt nicht bekannt. Die Baſidiomyceten beſitzen keinen Anſchluß in der Form und Generation an höhere Pflanzen, ſie haben auch mit allen übrigen Pilzen nur das reich gegliederte vegetative Elementarorgan, die Hyphe, gemein. Den Familiennamen verdanken ſie einer eigenen Zelle, welche am Fruchtkörper dem ſubhymenialen Hyphengeflecht entſproßt, von cylindriſcher oder keulenförmiger Geſtalt, gegliedert oder einzellig, die «Baſidie». Der gemeinſchaftliche Zug der Sporenbildung iſt dieſer: an der Baſidie ſproſſen gleichzeitig oder nach und nach 2—4 Sterigmen als kurze Schläuche; jede Sterigme bringt eine einzige einzellige, kuglige oder elliptiſche Spore durch Sproſſung hervor, welche ſich von dem Sterigmenſchlauch durch eine Scheidewand trennt, mit deutlichem Endo- und Exosporium verſehen iſt, wenigſtens bei den Arten, welche durch freie Verſtäubung nach der Atmoſphäre ſich vermehren.

Bei allen Baſidiomyceten iſt bisher nur die Schlauchkeimung der Sporen bekannt. Bewegliche Plasmaſchwärmer ſind niemals beobachtet worden. Die aus den Sporen entſpringenden Keimſchläuche gliedern und verzweigen ſich aus den Gliedern.

Die Mycelien ſind fadenförmig in Platten oder vielverzweigten Strängen, je nach der Lebensweiſe in der Erde in verweſenden Pflanzentheilen, Baumſtrünken, Wurzeln oder in lebenden Stämmen, bei einer und derſelben Art vielgeſtaltig. Die Hyphen bilden bei einigen Formen kurze Schnallenausſackungen, welche über die Querſcheidewand von einer zur benachbarten Gliederzelle verwachſen; ähnlich den Copulationsſchläuchen von Pleurocarpus und Rhynchonema (ſ. Zygnemaceen, oben S. 89).

Die Fruchtkörper der Baſidiomycetes ſchwanken von dem Durchmeſſer von wenigen Millimetern (bei einigen Nidularineen) bis zu $^1/_3$ m bei üppig wachſenden Agaricineen.

Die Baſidiomycetes ſind auf organiſche Abfallsproducte, wie ſie im Waldboden oder Culturland gehäuft ſind, angewieſen, oder ſie leben mit perennirenden Mycelien in abgeſtorbenen Baumtheilen. Einige Agaricus, Trametes, Polyposus beſiedeln lebende Bäume und ſind gefährliche Gäſte für das Holz. Der ſchlimmſte Holzbewohner iſt Merulius lacrymans.

Befruchtungsvorgang bei den Baſidiomyceten. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 199. Bot. Ztg. 73. — Brefeld, Bot. Unterſuch. über Schimmelpilze. III. Heft. Baſidiomycetes. A. Felix. Leipzig 1877. Die Entwickelungsgeſch. der Baſidiomyceten. 49. Bot. Ztg. 76. — Ph. van Tieghem, Neue Beob. über d. Fruchtentwickl. und die vermeintl. Sexualität der Baſidiomyceten und Ascomyceten. 161. Bot. Ztg. 76.

Die ſyſtematiſche Gliederung der Baſidiomycetes gründet ſich auf den Bau des Fruchtkörpers.

a) Hymenomycetes, Fries.

Das Hymenium oder ſporenerzeugende Gewebe befindet ſich auf der Oberfläche eines Fruchtkörpers, welcher die Geſtalt eines Rotationskörpers beſitzt, z. B. die Hutſchwämme unſeres Waldes. Die Verſtäubung der reifen Sporen iſt dadurch eine ganz directe.

Zweierlei vegetative Formen ſind bekannt:

a) die Fadenmycelien beſtehen aus locker verwebten Hyphen, welche im Waldboden dendritiſch oder in flachen, ſpinnwebartigen Platten wuchern. Sie paſſen ſich dem Subſtrat an und beſitzen dementſprechend verſchiedene Geſtalt. In dem harten Kernholz der Eiche reſorbiren die Polyporusmycelien die Holzparthien zwiſchen den Jahrringgrenzen und den widerſtandsfähigeren Markſtrahlen; es entſtehen 2—3 mm groſse Reſorptionsſtellen, welche von dem Fadenmycelium ausgekleidet ſind;

b) die Rhizomorphen ſind feſt geſchichtete, aus eng und parallel verflochtenen Hyphen gebildete, cylindriſche oder flach bänderartige, mit einer braunen Rindenhyphenſchicht verſehene Stränge. Die erdbewohnenden Rhizomorphen ſind mehrere Meter lange Stränge mit haardünnen Seitenzweiglein letzter Ordnung. Die Rhizomorphen, welche zwiſchen Holz und Rinde wuchern, ſind abgeplattet, ſonſt von ähnlicher Structur, dichotomiſch oder dendritiſch verzweigt. Die Hyphen beſitzen ein ausgeprägtes Spitzenwachsthum.

Ein Rhizomorphenfaden durchſetzt das Eichenholz auf viele Centimeter weit, indem er die Holzmaſſe rückſichtslos auf ſeiner Bahn reſorbirt; von dieſem Strange gehen zahlloſe, einfache Hyphenäſte aus, welche die einzelnen Holzzellen durchbohren. In gleichem Sinne umwickelt die Rhizomorphe etwa 4 mm dicke Wurzeln der Kiefer; von dem Hauptſtrange wächſt ein Seitenzweig unter dem Hypoderma in die Rinde, zerſtört dieſe vollſtändig und ſendet mehrere Aeſte durch die Markſtrahlen in den Holzkörper; überall da, wo die Rhizomorphenäſte hinwachſen, wird das Holz vollſtändig reſorbirt. Der genetiſche Zuſammenhang einer Rhizomorphe mit dem Fruchtkörper von Agaricus melleus iſt einmal von R. Hartig beobachtet worden. Die genaue Entwicklungsgeſchichte iſt in einer gröſseren Monographie publicirt (Wichtige Krankheiten der Waldbäume, Berlin 1874, J. Springer).

Die Hymenomycetes zerfallen in fünf Familien, von welchen drei: Agaricineen, Polyporei, Hydnei, unter ſich durch die Geſtalt des Fruchtkörpers näher verwandt ſind gegenüber den zwei letzten Familien: Auricularini, Clavarici.

Agaricini, Polyporei, Hydnei, Fr.[1]).

Die Fruchtkörper entstehen aus dem Fadenmycelium oder der Rhizomorpha (bei A. melleus) in Colonien von kleinen Knöspchen, welche aus dicht verflochtenen Hyphen angelegt werden. Es modellirt sich durch Spitzenwachsthum und wiederholte Verzweigung zunächst der Stiel des Hutes, in welchem schon frühzeitig die Differenzirung in eine Cortical- und Medullarschicht eintritt. Die apicalen Hyphenäste formen nun den Hutkörper, indem sie sich nach der späteren Scheibenfläche zu scheiteln und an dem Rande stetig weiter wachsen. Der Hut enthält ebenfalls locker verflochtene Medullar-, eine dichter verflochtene Corticalschicht. Die Unterseite wird zum Hymenium, mit Ausnahme einiger Trametes und des Merulius, wo das Hymenium auf der Oberseite liegt. Die Differenzirung in die Lamellen der Unterseite geschieht frühzeitig im Innern des bis jetzt noch geschlossenen Rotationskörpers. Der Rand des Hutes ist noch in Verbindung mit dem Hyphengeflecht des Strunkes. An einem Durchschnitt durch die Lamelle erkennt man eine innere Keilfläche aus Markgewebe, welches mit der Medullarhyphenschicht des Hutes in Verbindung steht; aus den Hyphen dieser Schicht verweben sich die Auszweigungen zu einer dichteren Zone, dem Subhymenium, welches die Lamellen gleichmäßig überzieht. Die Basidien und Paraphysen entstehen als letzte Endigungen des Subhymenium und stellen das Hymenium dar. Bis zu dieser Ausbildung ist der Hut geschlossen; nun erfolgt die Streckung aller Theile. Das Wachsthum ist in der radialen Richtung des Hutes stärker, der Rand reißt von dem Strunke los. Es bleibt ein vorspringender, bei verschiedenen Gattungen verschieden stark entwickelter Ring an dem Stiele, die Volva. Das Hymenium liegt nun frei an der Atmosphäre. In dem Hutgewebe kommen bei einigen Agaricineen (Lactarius, Cantharellus) Milchsaftröhren vor. Es sind weitlumige, vielverzweigte und anastomisirende Hyphen, welche das Gewebe in unregelmäßig dendritischen Bahnen durchziehen. Auffällige Abweichungen von der Gestalt eines genauen Rotationskörpers für den Hut kommen vor

---

[1]) Die Gattungen in der Zusammenstellung für die rheinische Flora sind nach Fuckel:

Agaricini.	Polyporei.	Hydnei.
Gomphydius, Fr.	Boletus, Fr.	Fistulina, Fr.
Cantharellus, Fr.	Polyporus, Fr.	Odontia, Fr.
Nyctalis, Fr.	Trametes, Fr.	Radulum, Fr.
Marasmius, Fr.	Dædalea, Pers.	Irpex, Fr.
Lentinus, Fr.	Merulius, Fr.	Sistotrema, Fr.
Panus, Fr.		Hydnum, Fr.
Schizophyllum, T.		
Lenzites, Fr.		
Agaricus, Bull.		

bei Trametes, dem Baumſchwamm, und bei Hydnum. Bei der erſteren Gattung durchbricht das Mycelium, wenn es zur Bildung des Hutes ſchreitet, die Baumrinde. Der Hut modelt ſich zu einem halben Rotationskörper; zahlreiche ſolcher ordnen ſich in Etagèrenform (ſ. Bd. I, S. 242).

Das Gewebe ſolcher Trameteshüte iſt verholzt; gleichwohl erfahren die Colonien ſolcher Baumſchwämme periodiſch von Jahr zu Jahr einen Zuwachs. Eine andere Anpaſſung an die Unterlage zeigt Merulius (lacrymans, der Hausſchwamm). Aus dem in Platten wachſenden Fadenmycelium differenzirt ſich unter geeigneten Bedingungen, in naſſer ſtagnirender Luft, ein wenige Millimeter großer ſphäriſcher Wulſt, welcher in Zeit von wenigen Tagen zu einem flachen Teller von bis 30 cm Durchmeſſer auswächſt. Auf der Oberſeite (der von dem Subſtrat abgewendeten Seite) entwickelt ſich das Hymenium.

Die Clavariei, FRIES, unterſcheiden ſich von der vorſtehenden Gruppe durch keulenförmige oder dendritiſch dichotom verzweigte Fruchtkörper, welche die Hymenien auf der Außenſeite tragen. Zum Theil epiphyt: Pistillaria, Typhula, Clavaria L., Sparassis, FR.

b) Gaſteromycetes, DE BARY.

Lycoperdacei, Nidulariei, Phalloidei, Hymenogastri[1]).

Der gemeinſchaftliche Zug liegt darin begründet, daß das ſporenerzeugende Hymenium im Innern eines geſchloſſenen, mit einfacher oder mehrfacher Peridie verſehenen Fruchtkörpers ausgebildet wird. Die Ausſaat der Sporen iſt entweder nur durch den Zerfall, Bruch, Verweſung der Peridie möglich — Lycoperdacei — oder es differenzirt ſich die Peridie durch Spaltung in mehrere Klappen — Geaſter — oder indem ein Theil derſelben reſorbirt wird — Nidulariei —.

Der einfachſte Bau des Fruchtkörpers findet ſich bei den Hymenogaſtreen, z. B. Octaviana. Innerhalb der Peridie iſt das Gewebe, die Gleba, in zahlreiche Kammern durch den verſchlungenen Verlauf des Hymenium getheilt. Eine Hymenialfalte beſteht aus einem centralen Strange, der Trama; auf beiden Seiten dieſer liegt das Hymenium mit den Baſidien (und Paraphyſen).

---

[1]) Lycoperdacei, DE B.
Ptychogaſter, CORDA,
Glischroderma, FUCKEL,
Scleroderma, PERS.,
Lycoperdon, TOURNEF,
Bovista, PERS.,
Geaſter, MICH.
Tulasnodea, FRIES.

Nidulariei.
Cyathus, HALLER,
Crucibulum, TULASNE,

Phalloidei, FRIES.
Phallus, L.,
Mutinus, FRIES.

Hymenogastri, TULASNE.
Hysterangium, VITTADIM,
Melanogaſter, CORDA,
Octaviana, CORDA,
Rhizopodon, TULASNE.

Der unreife, kuglige oder unregelmäßig knollige Fruchtkörper der Lycoperdaceen ist saftig, im reifen, trockenen Zustand von einer häutigen Peridie umgeben, z. B. Bovista. Die Peridie ist erhärtet, mehrfach geschichtet, in der äußeren Schale mit Vorsprüngen, Warzen, Stacheln versehen, bei Lycoperdon. Die Peridie von Geaster ist mehrfach geschichtet, enthält eine aus dicht verflochtenen Hyphen bestehende Collenchymschale. Die äußere Peridie zerreißt und es trennt sich die eine mittlere Schale, aus locker verwebten Hyphen, in 3—5 und mehr sternförmig geordnete Kapselstücke. Die Gleba, das innere Gewebe des Fruchtkörpers, besteht im Beginn aus saftigen, in zahlreiche Kammern zerklüfteten Hyphen, an welchen die Basidiosporen entstehen. Mit der von der Peripherie nach dem Centrum vorschreitenden Reifung der Sporen wird das Gewebe trocken, durch die Sporen und die eintrocknenden Hyphen fädig pulverig. Die complicirteste Ausbildung zeigen die Nidularieen: von dem in abgestorbenen Wurzelstöcken der Bäume lebenden Mycelium bilden sich wenige Millimeter große Hyphenknöspchen, an welchem eine äußere haarartig verästelte und eine innere Markschicht von Hyphen sich differenzirt. Im weiteren Verlauf der Entwicklung bilden sich im innern Gewebe an langen, gewundenen Hyphenbündeln (Funiculi), zahlreiche linsenförmige Pilzkörperchen (Sporangien) aus, welche an den Funiculis, wie die Ovula am Nabelstrang, befestigt erscheinen. Das Hyphengeflecht, welches zwischen den Sporangien den ganzen Pilzkörper ausfüllt, wird im weiteren Verlauf der Reifung quellungsfähig zu einer Gallert, in welcher die Sporangien sammt den aus parallel gefaserten Hyphen bestehenden Funiculi eingebettet sind. Die Peridie öffnet sich zu einem trichterförmigen Gebilde, nachdem alle Theile gewachsen sind. Zuletzt stellt der Fruchtkörper ein Schüsselchen dar, in welchem die Sporangienkörper als bis 2 mm große Kügelchen liegen. An diesen Sporangien entstehen die Sporen. Nach deren Aussaat (s. EIDAM in COHN's Beiträgen, II. 2. S. 222) bildet sich ein verästeltes Hyphengeflecht, aus welchem die Anlage der Frucht der neuen Generation hervorgeht.

Die Phalloideen bilden eine besondere Pilzfamilie mit wenigen Repräsentanten. Das erdebewohnende Fadenmycelium bildet sphärische Fruchtkörper mit dreifach geschichteter Peridie, in dem innern massiven Kegel bildet sich die Gleba, in welcher die vielkammerigen Sporenlager sich befinden. Durch Differenzirung zur Zeit der Sporenreife wird der mittlere Theil der Peridie zur Gallert; die äußerste Schicht wird zerrissen, indem der innere Kegel sich beträchtlich streckt. Der Fruchtkörper stellt alsdann einen Cylinder mit elliptischer Anschwellung am Ende dar, welcher in seinem Fußpunkt mit der äußeren Schale der Peridie in Verbindung steht. Die Phalloideen stehen in morphotischer Hinsicht zwischen den Gastromycetes und

Hymenomycetes (zwei Gattungen: Phallus, L., und Mutinus, FR., in Laub- und Nadelwäldern, an faulen Wurzelstöcken u. a. m.).

---

§ 13. Gegliederte Stämme. Scheitelzelle. Differenzirung der vegetativen Theile und der Antheridien und Archegonien aus Gliederzellen. Characeen[1]).

Von jetzt an gehen in aufsteigender Richtung die Antheridien und Archegonien und die Scheitelzelle mit bis zu den höheren Kryptogamen, also bis zu den Moosen, Equiseten, Farren, Rhizocarpeen. Die nächsten Formkreise, welche in der Stufenleiter zu vergleichen wären, sind die Characeen und die Moose. Sie besitzen in der Form so gut wie keinen gegenseitigen Anschluß, auch in der Entwicklung haben sie nur den gemeinsamen Zug, daß sie vielfach in den Fadenalgentypus zurückschlagen, so in dem Vorkeim (protonema) und in den Antheridienzellen bei den Charen[2]).

A. Wachsthum des Stammes.

Die Charen sind wahre Modellpflanzen, insofern sich alle Theile mit Leichtigkeit in ihrer Architektonik auf die Scheitelzelle zurückführen lassen: in der herrschenden Wachsthumsrichtung (Stamm) entstehen in akropetaler Folge Zellen, welche in der Scheitelzelle abgegliedert werden. Nennen wir die Scheitelzelle vom I. Grad, so sind die abgeschiedenen Tochterzellen vom II. Grad. Sie sind verschiedengestaltig und von wechselnd verschiedener Bedeutung. Die eine ist biconcav und aus ihr entstehen durch Sprossung die Zweigwirtel, die andere ist biconvex, sie streckt sich und stellt das Internodium des Stammes dar, welches zu beträchtlicher (mehrere Centimeter) Länge heranwächst, Fig. 93 *J* J_I u. s. f.

---

[1]) PRINGSHEIM, Ueber die Vorkeime und die nacktfüßigen Zweige der Charen. Jahrb. f. wissensch. Bot. III. S. 294. — DE BARY, Keimungsgeschichte der Charen. Bot. Ztg. 1875. — SACHS, Lehrbuch d. Bot. 4. Aufl. S. 295. — DE BARY, Befruchtungsvorgang bei den Charen. Mon. Ber. d. Königl. Ak. Berlin. Mai 1871.

[2]) Die Characeen, Armleuchtermoose, sind bis meterlange, hochgegliederte Pflanzen im Süßwasser, kalkliebend, in Sümpfen und Flüssen bis zu der alpinen Region; zwei Gattungen: Nitella, der Stamm ist unberindet; Chara, der Stamm ist berindet und häufig bei mehreren Arten starr mit Kalk inkrustirt. Die Characeen bilden einen durchaus scharf nach beiden Richtungen gesonderten Verwandtschaftskreis mit durchaus charakteristischer Entwickelung, den größeren Anschluß besitzen sie nach den Algen, den kleineren nach den Moosen hin.

1. Gliederung der Hauptaxe und deren Berindung.

Die Hauptaxe ſetzt ſich aus wechſelnd biconvexen und biconcaven Linſenſtücken zuſammen. Wir nennen dieſe die Stammzellen II. Grades,

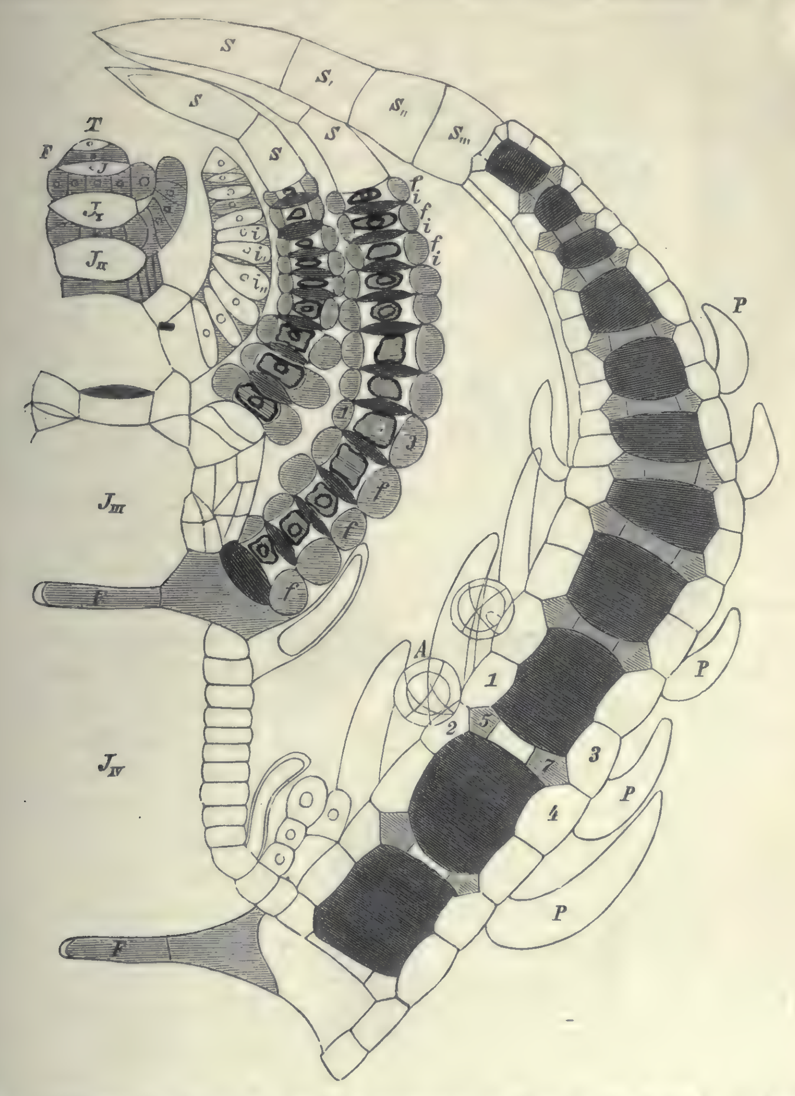


Fig. 93. Halbſchematiſcher Durchſchnitt durch die Scheitelregion der Chara fœtida. J_I bis J_{IV} die Internodien. *F* die Quirlplatten. Fünf Seitenzweige der erſten Ordnung ſind zur Rechten verzeichnet. *S S'* die nicht berindeten Endglieder dieſer Zweige. *P* die haarförmigen Quirlzweige. *A* Antheridie. In den Zellen *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* iſt der Complex von Zellen dargeſtellt, welcher zu einem Diaphragma gehört. Die Zellen *1, 3* ſtammen von einer der Zellenwarzen *f*, die Zellen *2, 4* von einer nächſt tieferen. *P* die einzelligen vegetativen Zweige der letzten Ordnung.

bezogen auf die Scheitelzelle, welche dementſprechend nach unten wechſelnd von concaven und convexen Zellwänden abgegrenzt iſt. Die biconvexe zum

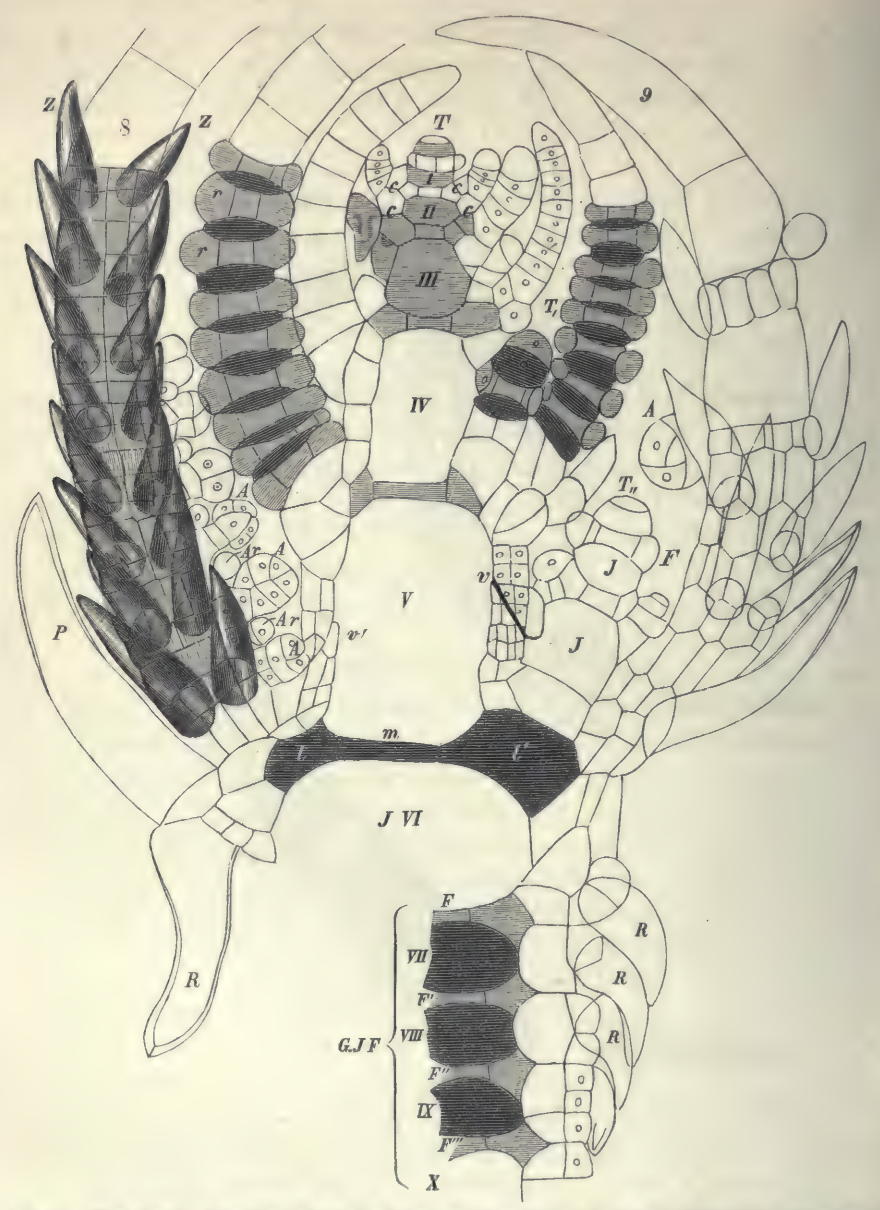


Fig. 94. Chara fœtida. Durchſchnitt durch den Stamm, halbſchematiſch nach einem mikroſkopiſchen Präparate gezeichnet. *I* bis *VI* die normal entwickelten Internodialzellen der Hauptaxe, *VII* bis *X* dieſelben, an welchen die Seitenzweige zurückgeblieben ſind und ſich in abwärts gekrümmte Zellenausſtülpungen *R* verwandelt haben. Schon in der zweiten Etage, von *T* aus gerechnet, hat ſich die biconcave Scheidewand, welche ſeitliche Auszweigungen bildet, in drei Zellen getheilt, welche im verwachſenen Zuſtande in *l l'* und *m*, Fig. 95 *I*, bezeichnet ſind. Die ſieben oberſten Aeſte ſind im optiſchen Durchſchnitt, die zwei unterſten in der Flächenanſicht dargeſtellt. Die oberſten Glieder in den Zweigen der nächſten Ordnung ſind nicht berindet. Die Berindung wird durch die Zellenpapillen *r r'* hergeſtellt. Die Auszweigungen dieſer Zellen werden zu Antheridien *A* und Archegonien *Ar* und außerdem ſproſſen noch vegetative Zweige *Z Z'* hervor ohne Berindung. *P* ein aufſtrebender, *R* ein abſtrebender unberindeter Zweig. *v v'* Durchſchnitte der älteren Rindenſchicht. In dem Zweig *8* iſt in dem ſchraffirten unteren Theil die Außenfläche dargeſtellt. In der Achſel des Zweiges *9* iſt ein Axillarſproß mit dem dauerndthätigen Vegetationspunkt *T''* getroffen.

Internodium werdende Stammzelle theilt ſich überhaupt nicht mehr, ſie wächſt aber auf eine außerordentliche Länge heran (vgl. Fig. 93 und 94). Von der biconcaven Stammzelle ſind alle übrigen Auszweigungen herzuleiten. Beachtet man zunächſt den optiſchen Durchſchnitt, ſo findet man (Fig 93 in *f*), daß die äußern in der Cylinderwand liegenden Ränder ſich über dieſe hinauswölben. In der Knoſpe berühren ſich im Cylindermantel alle biconcaven Zellen. Sie theilen ſich im optiſchen Längsdurchſchnitt durch zwei parallel der Axe ſtehende Wände in eine mittlere Scheibenzelle und zwei an der Peripherie liegende. Denken wir uns nun dieſen Complex von Zellen um 90° gedreht, ſo daß wir die Scheibe in der Fläche ſehen, ſo iſt die mittlere Zelle nahezu ein Kreis und iſt nicht weiter getheilt. An Stelle der im optiſchen Durchſchnitt in der Zweizahl erſcheinenden Randzellen, *cc* Fig. 94, werden jetzt deren vier, fünf und mehr geſehen. Von dieſen iſt zunächſt die Berindung herzuleiten. Bei Batrachospermum (ſ. oben S. 117) wurde gezeigt, daß die Berindung der Stammzelle von je einem oberen Quirl von Seitenzweigen nach einem tieferen Internodium von einem Theil der Zweiglein in der Weiſe vollzogen wird, daß ſich dieſe der Stammzelle von oben nach unten anſchmiegen, Fig. 60 *C*. Bei den Charen wirken die Randzellen des biconcaven Quirlſtückes nach beiden Seiten, nach oben und unten. Die Rindezellen je eines Internodium ſtammen zur Hälfte von dem oberen, zur anderen Hälfte von dem unteren Quirl. Bei Batrachospermum vollzieht ſich die Berindung erſt nachdem die Stammzelle ſich beträchtlich geſtreckt hat. Der Charenſtamm iſt aber ſchon berindet im zweiten oder dritten Internodium, von der Scheitelzelle ab nach unten gerechnet. Jede der beiden im optiſchen Durchſchnitt geſehenen Randzellen, *cc* Fig 94, ſteht bereits nach oben wie unten in Verbindung mit den entſprechenden Zellen der benachbarten Quirlſtücke $n - 1$ und $n + 1$. Jede der Randzellen theilt ſich im weiteren Verlauf und während ſich die biconvexe Stammzelle zum Cylinder ſtreckt und die Reihe *I, II, III,* Fig. 94, durchläuft, mindeſtens in drei Zellen, welche durch horizontal ſtehende Zellwände von einander geſchieden ſind. Die mittlere dieſer drei Zellen, *m* Fig. 94, bleibt im Niveau des Quirlſtückes liegen und wird zum Ahnen der Antheridien und Archegonien, ſowie der Axillarſproſſe (ſ. weiter unten). Die obere wird zur Rindenzelle für die untere Hälfte des nächſt oberen Internodium, die untere wird zur Rindenzelle für die obere Hälfte des nächſt unteren Internodium. Nun ſtrecken ſich in akropetaler Folge die biconvexen Stammſtücke und bleiben ungetheilt, die beiden für den optiſchen Durchſchnitt in Betracht kommenden Rindenzellen eines Längsſtreifens ſtrecken ſich dementſprechend mit und theilen ſich, jede Zelle in 5—10 Tochterzellen, Fig. 95 *III*, welche im mittleren Zuſtand der Streckung noch an der Verſchränkung der einzelnen Zellenketten auf ihre Aſcendenten zu-

rückgeführt werden können. In dieſer Figur ſind die im optiſchen Durchſchnitt belegenen Rindenzellen *C C'* ungetheilt dargeſtellt, die dem Beſchauer zugekehrte Cylinderwand zeigt oben eine Zellenreihe in voller, zwei in halber Flächenanſicht; unten dagegen zwei Zellenreihen in voller und zwei ebenſolche in $^1/_4$ der Flächenanſicht. Die Rindenzellen ſtrecken ſich zu einer viel größeren Länge, wenn das Internodium dem

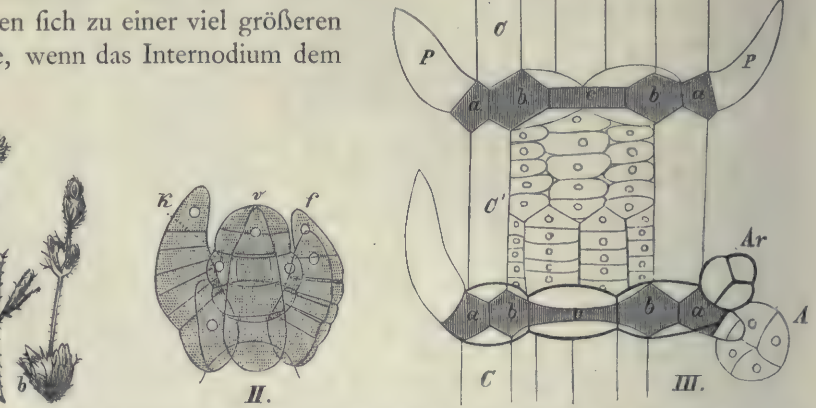


Fig. 95. *I. a* Chara belemnophora, *b* tenuissima, natürl. Größe. *II.* (Pringsh. Jahrb. III, Taf. X.) *v* Scheitelzelle, ſodann kommt eine primäre Gliederzelle, *k* Zelle, an welcher der Blattwirtel entſteht, ſodann kommt in derſelben Reihenfolge eine Gliederzelle und dann wieder eine jetzt den Blattwirtel *f* tragende Wirtelzelle. *III.* Chara fœtida, zwei Quirle, *c* die Scheidewand, *b b'* die Zellen, welche in der Vierzahl vorhanden, die Zweige hervorbringen, *P* ungegliederter vegetativer Zweig, *Ar* Archegonium, *A* Antheridium. In *C'* iſt ein Theil der Rindenſchicht in der Oberflächenanſicht dargeſtellt, mit der vollen Anzahl ihrer Zellen, während dieſelbe Rindenſchicht in *C C'* im Durchſchnitt einzellig dargeſtellt wurde.

ausgewachſenen Zuſtand zueilt, ſie führen reihenweiſe in Längslinien geordnete Chlorophyllkörper. Der Stamm tordirt ſich ſchraubenlinig, die Zellen werden demgemäß ebenfalls in eine zur geometriſchen Axe geneigte Lage gebracht, ebenſo die Reihen der Chlorophyllkörper. Die Oberfläche der Rindenzellen wird mit kohlenſaurem Kalk inkruſtirt.

2. Bildung der Quirlzweige.

Von der mittleren der drei Zellen, welche aus der Randzelle des biconcaven Quirlſtückes übrig blieb, ſind alle übrigen Zweigformen herzuleiten. Wir beginnen mit den complicirteſten. Soviel Randzellen gebildet waren in einem Quirlſtück, ſoviel Zweige der erſten Ordnung werden entwickelt. Die Zelle ſtreckt ſich, differenzirt genau wie der Stamm wechſelnd biconvexe Internodien und biconcave Quirlſtücke. Die Berindung geht in demſelben Sinne vor ſich, Fig. 93, 94. Die 4—5 Außenzellen des biconcaven Quirlſtückes aber, welche wie beim Stamm übrig bleiben, um nun Zweiglein der nächſten Ordnung zu bilden, verhalten ſich verſchieden, die nach innen belegenen bilden die Geſchlechtsapparate, die nach außen belegenen werden zu einzelligen, cylindriſch koniſchen Borſtenzweigen, die

Figur 94 zeigt zwei Reihen derſelben in dem Zweig *8*. Die Endglieder der Zweiglein erſter Ordnung werden nicht berindet, wachſen zu langen Cylinderzellen mit kegelförmiger Endzelle aus. Damit iſt ſelbſtredend das Längenwachsthum, ſoweit es auf der Anlegung neuer Stammzellen in akropetaler Folge beruht, in ſolchen Zweigen abgeſchloſſen. Ein großer Theil der Hauptinternodien am Stamm bleibt geſtaucht, kommt nach der Berindung gar nicht zur vollen Streckung und die Quirlzweige werden nur einzellig ausgebildet, dieſe krümmen ſich alle nach unten, Fig. 94 *VII—IX*. Außer den fructificirenden Zweigen der erſten Ordnung werden aus derſelben Randzelle und zwar dicht bei dem fertilen Quirlzweig noch zwei einzellige cylindriſche Zweige gebildet, einer krümmt ſich nach oben, der andere nach unten, Fig. 94 *P* und *R*.

3. Axillarsprosse.

Außer dieſen Zweigen werden durchaus regelmäßig geſtellte Axillarſproſſe im Winkel zwiſchen der Hauptaxe und dem fructificirenden Seitenzweig gebildet, Fig. 94 *T''*. Die Entwicklung dieſer kann ebenfalls nur auf die Außenzelle des biconcaven Quirlſtückes zurückgeführt werden. Sie verläuft bis zu dem Zeitpunkt, in welchen die Figur 94 reicht, genau ſo wie die Entwicklung der Hauptaxe. Dieſe Triebe ruhen aber nach der Anlegung weniger Internodien, um erſt dann zur Streckung zu gelangen, wenn der Haupttrieb durch äußere Zufälligkeiten abgebrochen wird.

4. Zusammenstellung der Zellenfolge.

Hier denken wir uns in das ſechſte Internodium und den fünften oder ſechſten Quirl, von der Scheitelzelle gerechnet, Fig. 94, weil in dieſer Gegend alle Organe mindeſtens bis zur erſten Anlage differenzirt ſind, und ſuchen die genetiſche Verwandtſchaft der Zellen durch ein Schema darzuſtellen. So ſind das Quirlſtück und das Zwiſchenquirlſtück Verwandte erſten Grades zur Scheitelzelle. Das letztere kann im Schema vernachläſſigt werden, denn es theilt ſich nicht weiter, vom erſteren aber können die Generationen für den optiſchen Durchſchnitt in dieſer Weiſe hergeleitet werden:

Biconcaves Quirlſtück I.

1° Anlage der erſten Zelle für die Berindung II. Theilung bis zur III.

2° Anlage der Quirlzweige, vom Quirlſtück durch eine Zellwand geſchieden, IV. Theilung.

3° Anlage der aufwärts und abwärts geneigten Borſtenzweige, Fig. 94 *P R*, IV. bis V. Theilung.

4° Anlage der erſten Zellenwarze für das Antheridium und ebenſo für das Archegonium, V. bis VI. Theilung, aber an dem Quirlſtück des Zweiges der erſten Ordnung.

5⁰ Erſte Anlage des Axillarſproſſes, VI. bis VII. Theilung, an dem Quirlſtück der Hauptaxe.

Der Axillarſproß iſt dementſprechend immer ein näherer Verwandter zur Scheitelzelle der Hauptaxe, Fig. 94 *T*, wie die Geſchlechtsapparate.

B. Generation.

Auch in der Entwicklung der Geſchlechtsapparate ſtehen die Characeen iſolirt. Dieß gilt vorzüglich für das Antheridium. Dasſelbe entſteht als eine Ausſtülpung an einem Zweig der zweiten bis dritten Ordnung und an dieſem als eine metamorphe Zweiganlage,

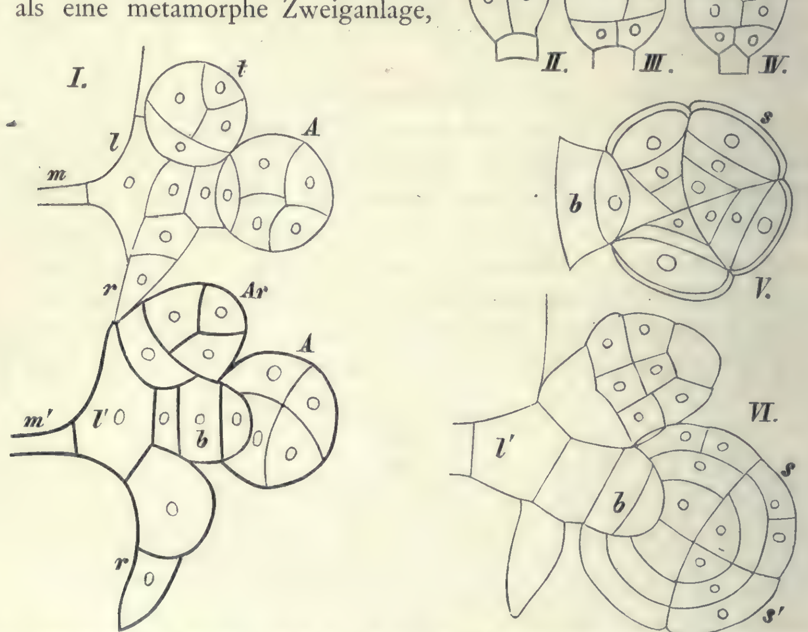


Fig. 96. Chara fœtida. *I* zwei Quirle mit den aus den Zellen *l* entſproſſenen Antheridien und Archegonien, *t* Scheitelzelle des Archegonium, *m* die Gliederzelle, *l* die Rindenzelle des Knotens wie in Figur 73, *r* die Zellen, welche die Berindung bilden, *b* Baſalzelle des Antheridium. *II* bis *VI* aufeinanderfolgende Stadien der Antheridien, in *II* iſt dasſelbe durch eine im Meridian ſtehende Wand zuerſt getheilt, in *III* und *IV* ſind bereits die ſechs Schildzellen gebildet, in *V* und *VI* ſind bereits die Zellen angelegt, welche ſpäter zapfenförmig in den Hohlkörper des Antheridium vorſpringen.

welche ſich kuglig geſtaltet. Die Theilungsvorgänge für die Entwicklung des Antheridium ſind in den Fig. 93, 94, 95, und in der Reihe *I—VI* in der Fig. 96 zu verfolgen.

Antheridien und Oogonien ſind bei den Characeen nahe verwandte Zellenabkömmlinge der Quirlzellen, der Complex iſt im optiſchen Durchſchnitt in dem ſtärker ausgezogenen Theil der Figur 96 leicht kenntlich. Das Antheridium iſt im Anlagezuſtand eine Kugel, welche ſehr bald eine Baſalzelle abſcheidet. Die Kugel theilt ſich in 6—8 Zellen, welche unter

ſich vollkommen gleich ihren Raum einnehmen. Jede dieſer Zellen theilt ſich durch tangential gerichtete Wände in die Zellen der Rindenſchicht, ſechs beziehentlich acht in's Innere vorſpringende kegelförmige Zellen, von welchen die Antheridienfäden ausſproſſen. Die ſechs Zellen, *b* Fig. 97, führen einen gelben Farbſtoff, welcher an feine Plasmatröpfchen gebunden iſt.

Das reife Antheridium iſt etwa ¹/₂—1 mm groß, je nach der Stärke der vegetativen Pflanze und aus ſechs Schildchen mit eigenthümlich verdickten Zellwänden zuſammengeſetzt. In der Fig. 96 iſt ein Schildchen *s* im halbreifen Zuſtande des Antheridium dargeſtellt.

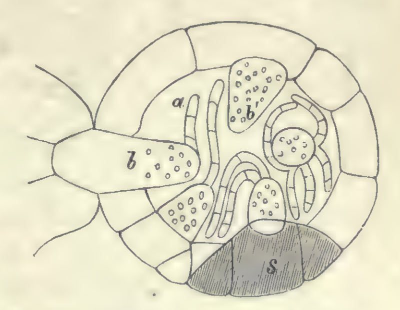


Fig. 97. Halbreifes Antheridium. *b b'* die Zellen, welche gelbes Pigment in ſphäriſchen Körnern führen, an ihnen entſtehen die Gliederfäden *a*, welche die Spermatozoiden hervorbringen, *s* Durchſchnitt eines Schildchens.

An jeder der zapfenförmigen Zellen, Fig. 97 *b*, ſproſſen mehrere cylindriſche Zellenketten, welche ſich in ſchmale Zellchen gliedern. Jede Gliederzelle iſt die Mutterzelle für ein Spermatozoid. Dieſe Zellenketten füllen den größten Theil des Hohlraumes aus. Zur Zeit der Geſchlechtsreife zerbricht das Antheridium in die ſechs oder acht Schilder, die Antheridienfäden quellen hervor, die Spermatozoiden werden nach dem Waſſer entleert. Das Spermatozoid der Characeen iſt demjenigen der Mooſe ähnlich, eine ſchraubenlinig gewundene Plasmamaſſe mit zwei Cilien an dem einen ſpitzeren Ende des Fadens. Die Bewegung geht in der Richtung eines Korkziehers, das cilientragende Ende geht voran. Die Cilien beſchreiben eine rotirende Bewegung in einer Kegelfläche, deren Spitze ihr Befeſtigungspunkt iſt.

In einem Quirl der Chara fœtida findet man bereits mächtig angeſchwollene Oogonien neben halb entwickelten Antheridien. Die Chara fœtida (vielleicht noch andere) ſind wahrſcheinlich protogyn.

Die erſte Differenzirung der Oogonien von den in der Anlage gleichen Antheridien zeigt eine ſcheitelſtändige Zelle *t* und *Ar* (Fig. 95, vergl. auch *A* und *Ar* in den Fig. 95 und 96), umgeben von 4—5 Wirtelzellchen, von welchen in den Figuren zwei im optiſchen Durchſchnitt dargeſtellt ſind. Im halbreifen Zuſtande iſt das Oogonium cylindriſch. Es beſteht aus einer Centralzelle und einer Baſalzelle, von welcher die vier oder fünf Quirlzellen entſpringen, dieſe berinden die Centralzelle als vier oder fünf Zellen, welche den Hohlraum dicht und lückenlos umſchließen. Je eine dieſer Rindenzellen theilt ſich zweimal, ſo daß drei Zellen entſtehen. Im Ganzen bilden ſomit zwölf oder fünfzehn Zellen die Berindung des Oogonium, die vier beziehentlich fünf oberen bilden den Halscanal, das Krönchen, die vier oder

fünf mittleren winden ſich im weiteren Verlauf der Ausbildung ſpiralig um den eiförmigen Raum des Oogonium und die vier unteren verändern ſich nicht weſentlich. Zur Zeit der Geſchlechtsreiſe iſt das Oogonium zur Größe von bis 2 mm angeſchwollen, die Centralzelle reichlich mit Oel und Amylum im Protoplasma verſehen. Die Zellen des Krönchens weichen ſeitlich auseinander und bilden vier beziehentlich fünf Spalträume, an dem vordern Ende beſitzt die Eizelle eine hyaline Keimpapille, dort treten die Spermatozoiden ein. Nach der Befruchtung verändert ſich die Größe des Oogonium nicht weſentlich. Die Rindezellen erhärten (verholzen), das reife Oogonium fällt ab, die vegetative Pflanze geht ein.

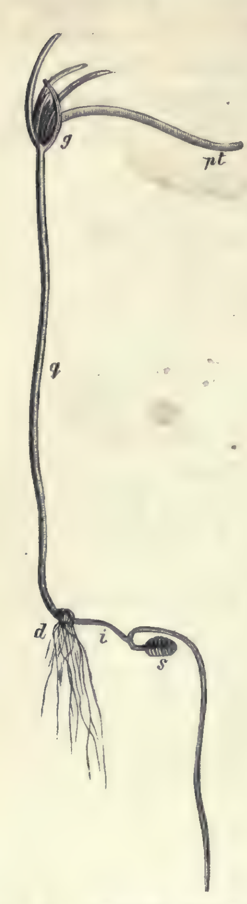


Fig. 98. Chara fragilis, Keimpflanze. *s* Sporenfrucht, *i* das unterſte blaſſe Glied unter dem Wurzelknoten, *d* Wurzelknoten, *pt* Prothalium (Vorkeimſpitze), *g* Stelle, wo die Zweigknoſpe entſteht, *q* das Glied unter dieſer Knoſpe. Pringsheim, Ueber die nacktfüßigen Zweige der Charen (Jahrb. f. wiſſ. Bot., Bd. III).

Die Ooſpore der Charen ruht und keimt im nächſten Frühling, oder bei genügender Temperatur in der Cultur auch während des Winters. Das Endosporium theilt ſich hierbei in mehrere Zellen. Zuletzt durchbricht eine Zellenkette das Endosporium, welche auch bei den ſpäter berindeten Formen zunächſt unberindet bleibt, dieſe Zellkette iſt der Vorkeim. Ein vegetativer Zweig der nächſten Ordnung bildet die berindete Charenpflanze.

Bei der Keimung der Characeen findet ſich alſo ein geringer morphotiſcher Anſchluß an die Laubmooſe. Dort aber iſt die Spore nicht gefächert. Das Endosporium wächſt bei den Mooſen zu einem Zellenfaden, Protonema, aus, an welchem die geſchlechtstragende Generation als eine vegetative Auszweigung der zweiten Ordnung entſteht.

Stellen wir die Entwicklung von der Keimung ab mit Berückſichtigung der eingehenden Studien de Bary's über die Keimung der Charen hier zuſammen, um den Anſchluß dieſer eigenthümlichen Formgruppe nach den Algen einer-, nach den Mooſen andererſeits klar zu legen.

Das Oogonium keimt, es entſtehen zwei Zellen, eine vordere am Orte der Empfängniß belegene kleinere und die den ganzen Hohlraum des Oogonium einnehmende größere. Die kleinere theilt ſich mehreremale, das Material für den Aufbau der jungen Pflanze ſtammt aus der größeren. Die erſtere bildet die Hauptvorkeimzelle, welche aus der Ooſpore hervor-

wächſt, ſich gliedert in den Vorkeim und die Scheitelzelle, welche nach und nach den Hauptwurzelknoten und die erſten Quirlſtücke des Stammes bilden. Von dem Hauptwurzelknoten entſpringen mehrere gegliederte Wurzelzellfäden mit wirteligen Zweigen erſter Ordnung. Außer dieſen entſtehen in dem Scheitel des Oogonium noch acceſſoriſche Vorkeime, welche ſich ähnlich verhalten wie der Hauptvorkeim. Von nun ab entwickelt ſich die vegetative Pflanze bis zu dem reifen Oogonium nach der vorſtehenden Schilderung.

Die Characeen ſtellen in der Bildung des Oogonium die obere Stufe derjenigen Algen dar, welche ein unberindetes Oogonium beſitzen (Vaucheria, Oedogonium). Im Bau der vegetativen Organe ſtehen ſie iſolirt (wenn nicht ein geringer Anſchluß an die Florideen geltend gemacht werden ſoll, vgl. oben S. 124).

Der Anſchluß an die Mooſe iſt in der Bildung der Sporen und Zweigvorkeime, welche den Charen wie den Laubmooſen zukommen, begründet. Die Zweigvorkeime entſtehen in den beiden Verwandtſchaftskreiſen aus bereits fertig differenzirten Zellen der Rindenſchicht der vegetativen Pflanze.

---

§ 14. Die Archegoniaten (die Antheridien und Archegonien).

Durch keine einzige Mittelform iſt der Verwandtſchaftskreis der Archegoniaten mit den bisher betrachteten Formen verbunden. Hier könnte man aus den bekannten Entwicklungsgeſchichten die eventuell untergegangenen Racen conſtruiren. Ein derartiges Unternehmen würde zu einer endloſen Kette von Speculationen führen, welche erſt recht, namentlich bei der ſpäteren Aufgabe, von den Mooſen nach den Gefäßkryptogamen hinüber eine Continuität der Entwicklung zu finden, zu Schanden würde.

Die unter dem obigen Namen zuſammengefaßten Familien: Mooſe, Farrenkräuter, Equiſeten, Rhizocarpeen, beſitzen geſtaltlich gar keinen gegenſeitigen Anſchluß. Von den Mooſen nach den Farren iſt kein Anſchluß (nach den Tabellen, ſ. S. 46, Farren, Equiſeten, Rhizocarpeen), ja ſelbſt die einzelnen Gattungen in dieſen Familien, ſo namentlich bei den Rhizocarpeen, beſitzen geſtaltlich gar keine Aehnlichkeit, ſ. z. B. Salvinia und Pilularia, Pilularia und Marsilea, während in der Art und Weiſe ihrer geſchlechtlichen Vermehrung auf das Entſchiedenſte die Blutsverwandtſchaft nachweisbar iſt.

A. Ueberblick der Generation.

Mit den Mooſen beginnen die Formenreihen, bei welchen die weibliche Zelle in einem geſchloſſenen Behälter, in dem Archegonium, entſteht.

Während bei allen früheren Verwandtſchaftskreiſen die befruchtete Eizelle (Gonoſphäre) ruhte oder ſelbſt längere Zeit in einer feſten Membran eingehüllt blieb, vollzieht ſich von nun ab unmittelbar nach der geſchlechtlichen Miſchung die Keimung, d. h. die Eizelle erhält eine plaſtiſche Membran und geht ſofort in diejenigen Zelltheilungen ein, welche mit der Bildung der nächſten Generation abſchließen (man vergl. die Tabelle S. 46).

Dieſer Zug der Entwicklung kommt allen höheren Deſcendenten zu, den

Mooſen, Gefäßkryptogamen, Phanerogamen.

Die Genealogie der höheren, der blättertragenden Pflanzen kann nur begriffen werden, wenn man annimmt:

1° daß die erſten Erhebungen aus der Algenform verſucht wurden von Waſſerbewohnern oder ſolchen Pflanzen, die öfters benetzt als trocken waren. Sehr große Zeiträume gegenüber den hiſtoriſchen mußten zu Verſuchen der Adaption angewandt ſein, um die Rudimente der Sexualorgane ſo hoch auszubilden, wie ſie jetzt noch nach dem Charentypus bei den Mooſen vorkommen. Die Blutsverwandtſchaft mit dem Algenſtamm kann ſchon durch die Hauptzüge des ſexuellen Lebens erwieſen werden. Der geſchlechtliche Vorgang der höheren Kryptogamen, Mooſe, Farrenkräuter, iſt im Weſen der Sache gleichartig und beſitzt einen Anſchluß an die Entwicklung derjenigen Algen, welche mit einem Trichogyn, z. B. Coleochæte, verſehen ſind. Der weſentliche Unterſchied beſteht nur darin, daß bei den genannten Algen die Eizelle nach der Befruchtung zu einem Cyſtocarp eingehüllt wird, während dieſelbe bei den Mooſen und höheren Archegoniaten ſchon vor der Befruchtung in dem Archegonium eingehüllt und geſchützt iſt;

2° daß der pflanzliche Organismus beſtrebt iſt, die beiden Sexualzellen von möglichſt entfernten Deſcendenten derjenigen Zelle herzuleiten, in welcher die ſexuelle Miſchung in der vorigen Generation erfolgte;

3° daß bei Verſuchen zur Variation und Accumulation der Propagationsorgane der verſchiedenen Verwandtſchaftsſtämme die Concurrenz um das Areal mitgewirkt habe, und zwar in der Weiſe, daß die Propagationszellen mit geringſten räumlichen Anſprüchen die bevorzugten waren;

4° daß die paraſitäre Tendenz, welche von dem Algenſtamm in den Pilzſtamm hinübergefloſſen und dort die höchſte Stufe der Anpaſſung erreicht hat, in dem Algenſtamm durch alle höheren Deſcendenten, Mooſe, Gefäßkryptogamen mit bis zu den Phanerogamen, durch die Keimpunkte aller Generationen gefloſſen iſt und plötzlich bei den Phanerogamen wieder zum Ausdruck kommt.

Ein Hauptzug in der Genealogie der Blätterpflanzen iſt, wie ſchon angedeutet, die Ausbildung der Keimbläschen unmittelbar nach der Befruchtung. Zu den allerauffälligſten Erſcheinungen, welche im Pflanzenreiche vorkommen, gehört die Thatſache, daß die Verwandt-

ſchaft zwiſchen den Charen oder dem Algenſtamm (der Formaxe) und den höheren Deſcendenten nicht durch die Mooſe vermittelt wird.

Die Mooſe divergiren von der Formaxe ſo weit, wie kein anderer und höherer Deſcendent von ſeinen nächſten Verwandten.

Daß in einem ſo dominirenden Formenkreis, wie die Mooſe, der Kreuzungspunkt der Formkeime zu nichts weiter verwandt wird als zu einer Kapſel, welche Sporen durch vegetative Theilung hervorbringt, während in allen höheren Deſcendenten derſelbe zu der beblätterten Pflanze ausgebildet wird, dieß trägt ſo ſehr das Gepräge der Adaption wie keine andere Erſcheinung, und doch müſſen die Ahnen der Mooſe auch den übrigen Archegoniaten Urſprung gegeben haben. (Knoſpung von Protonemafäden und bebl. Pflänzchen aus der Seta, Pringsh. B. Ak. d. W. 1876.)

Wir wollen zuerſt die Verwandtſchaft aller Deſcendenten von den Mooſen zu den Phanerogamen unterſuchen, ſoweit ſie in den Sexualapparaten ſelbſt nachweisbar ſind.

Alle weiblichen Apparate tragen die Tendenz der Einhüllung der Keimzelle (nach dem Charentypus) in ſich.

Bei der Vergleichung der Vorgänge in der Tafel (S. 46) aber drängt ſich ſofort die Ueberzeugung auf, daß die Geſchlechterbildung, die Sexualität ſelbſt eine adaptive Erſcheinung iſt:

1⁰ weil der Keim für das Geſchlecht (die Spore und das Pollenkorn) als Propagationszelle hinausgeſchickt wird und trotz der ſo hohen Formkeimanhäufung als Derivat von den verſchiedenſten Zweigen ſtammen kann:

a) bei den Equiſeten iſt die Spore ein naher Blutsverwandter der Scheitelzelle des Stammes;

b) bei den Farrenkräutern iſt ſie der entfernteſte, welcher an einem Stock möglich iſt, ſie entſpringt aus dem Haare, welches die letzte Sproſſung des Blattes iſt;

c) bei den Selaginellen, Rhizocarpeen, Iſoëten, Coniferen, Phanerogamen iſt die Spore ein Deſcendent des Blattes, und doch tragen ſie alle die hohe Bedeutung, die Formkeime zu accumuliren.

Alle dieſe Sporenbildner, die Blätter, Zweige, Haare, haben noch außerdem die mannigfachſten anderweiten Anpaſſungen. Kein Wunder, daß bei der Keimung dieſer verſchiedenen Abkömmlinge auch die Formen ſo ſehr verſchieden ſind.

Die Mooſpore allein iſt ein näherer Blutsverwandter zu dem Keimbläschen wie alle übrigen, daher vielleicht der plötzliche Rückſchlag in den Algentypus bei ihrer Keimung. Daher aber auch die merkwürdige Erſcheinung der frühſten Geſchlechtsreife bei den Mooſen.

Die Tendenz, die Keimzelle in einen Behälter, das Archegonium, einzuſchließen, kommt allen höheren Deſcendenten zu. Dieſes Streben nimmt

ab von den Mooſen nach den Phanerogamen. Das Archegonium tritt als letztes Rudiment bei den Coniferen auf.

Unterlaſſen wir es zunächſt die Genealogie der Coniferen aufzuſuchen, und beſchränken uns auf die niederen Mooſe und Gefäßkryptogamen, ſo erhalten wir folgende Verwandtſchaftsreihe:

Mooſe:

1⁰ die Spore bringt ein nach dem Dictyotatypus wachſendes gefäßloſes Lager hervor, welches geſchlechtlich iſt, Marchantieen (Pellia), die Archegonien und Antheridien ſind entſtanden aus einer Oberflächenzelle;

2⁰ die Spore bringt ein nach dem Pellien- oder einem andern Lebermoostypus wachſendes Lager hervor mit Antheridien und Archegonien, welche aus Oberflächenzellen entſtehen, Farrenkräuter, Equiſeten, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen;

3⁰ die Spore bringt ein nach dem Gliederalgentypus gebautes ungeſchlechtliches Lager hervor (das Protonema), Laubmooſe mit adventiven Geſchlechtspflanzen.

Mit Rückſichtnahme auf die S. 188 ausgeſprochenen Hypotheſen iſt es dann leicht einzuſehen, daß die Moosfrucht, aus einem tangähnlichen Lager entſpringend, allen Anforderungen der Propagation genügt, weil aus den nächſten Derivaten des Kreuzungspunktes der Form viele (nur bei den Charen und Fucaceen eine einzige) Keimzellen entſtehen, welche in ſich den Keim zu einer Generation bergen, die denſelben Proceß wiederholt.

Bei den Formkreiſen der Fucaceen, Charen, Riccien, Marchantien erhalten wir aus dem Kreuzungspunkt entweder ſofort wieder dieſelbe Pflanze, Fucaceen, oder eine einzige Dauerzelle, welche überwintert, bei ihrer Keimung wieder dieſelbe Pflanze hervorbringt, Charen, oder es entſtehen durch Theilung nach der Kreuzung mehrere Sporen (Dauerzellen), welche überwintern und keimend jede wiederum eine ähnliche Generation hervorbringt, z. B. Riccieen, als diejenigen Mooſe, bei welchen die Kapſel am unbedeutendſten entwickelt iſt.

Der adaptive Charakter der Mooskapſel geht hieraus hervor. Es muß ihre Bildung gedeutet werden als ein Streben der in früheren Epochen amphibiſch lebenden Stammeltern, die Propagationszellen über das Lager zu erheben, ſo daß ſie raſcher und leichter zerſtreut werden. Noch jetzt ſehen wir verſchiedene Neigungen dieß zu erreichen.

Die in das Lager eingeſenkten Archegonien der Riccien und Anthoceroten werden bei Andræa, Sphagnum und Splachnum durch eine eigenthümliche Wucherung des Stammes weit über das Lager hinausgeſchoben.

Dieß iſt ein Zug, der bei den Marchantieen zur Bildung eines Fruchtſtandes führt, an deſſen Unterſeite das befruchtete Archegonium ſitzt und Kapſeln mit rudimentärer Seta ausbildet.

Der Charakter der Moosfrucht in der Theilung ist anfangs der eines Stammgebildes, später aber tritt eine Differenzirung ein in einen Kapselapparat und einen Stiel, die Seta, welche so eigenthümlich ist, daß sie nach keiner Richtung einen morphotischen Anschluß besitzt.

Das Keimbläschen theilt sich dabei nach äußerst strengem Formgesetz und bildet einen Rotationskörper, die Moosfrucht, welche sich zuletzt in verschiedene Hüllschichten, Columella, äußere, innere Rindenschicht und die Sporenschicht differenzirt.

Als ein Hauptzug der Moosfruchtanlage ist anzusehen, daß sie nicht verzweigt ist. Nur sehr selten wird diese Neigung, welche sonst den Stämmen zukommt, dadurch documentirt, daß der Scheitel sich in zwei Theile gabelt, von welchen jeder mit einer Scheitelzelle eine Zeit lang weiter wächst. (M. s. Kienitz, Gerloff, Bot. Ztg. 36. Jahrg., Taf. III, Fig. 67.)

B. Herkunft der Antheridien und Archegonien.

Die Entwicklung aller Antheridien und Archegonien läßt sich zurückführen auf eine einzige oder wenige Oberflächenzellen. Für die Antheridien theilen sich diese durch mehrere Wände in eine Rindenschicht und die Mutterzellen der Spermatozoiden.

Wir erhalten für die vorliegenden Gruppen, wenn wir von der Spore ausgehen:

Moose — Spore: Protonema: beblätterte Pflanze: Antheridien und Archegonien aus Haargebilden.

Farrenkräuter — Spore: Prothallium: Antheridien und Archegonien aus den Randzellen des Prothallium.

Equiseten — Spore: Prothallium: ein Zweig des Prothallium wird zum Antheridium, eine Oberflächenzelle zum Archegonium.

Rhizocarpeen — die Mikrospore wird zum Antheridium, die Makrospore bildet ein Prothallium, das Archegonium entsteht aus einer Randzelle derselben.

Der gemeinsame Zug aller Antheridien liegt in der Bildung der Spermatozoiden. Diese entstehen, nachdem der Innenraum des Antheridium in einer größeren Anzahl (z. B. bei den Moosen bis gegen 20000) oder kleineren Anzahl (z. B. Farren bis mindestens 16—20) Tochterzellchen aufgetheilt ist. In jedem Tochterzellchen entsteht ein einziges Spermatozoid durch freie Zellbildung. Zur Zeit der Geschlechtsreife steigert sich der Quellungsdruck derart, daß die Rindenzellen des Antheridium gesprengt werden, die Tochterzellchen treten außer Verband, entlassen die Spermatozoiden, an welchen noch eine hyaline Blase, s. Fig. 99, anhaftet. Die Mehrzahl der Spermatozoiden stellen Plasmafäden dar von charakteristischer Form, in der Regel sind sie Spiralen mit 2—3 Umgängen. Zahlreiche

Schraubenumgänge werden bei den Spermatozoiden der Marsilea angetroffen. Das Spermatozoid der Mooſe beſitzt zwei endſtändige peitſchende Cilien, Fig. 99 *I* und *II*, die Spermatozoiden der Farren und Rhizocarpen ſind mit zahlreichen Wimpern an dem ganzen Schraubenkörper bedeckt. Das

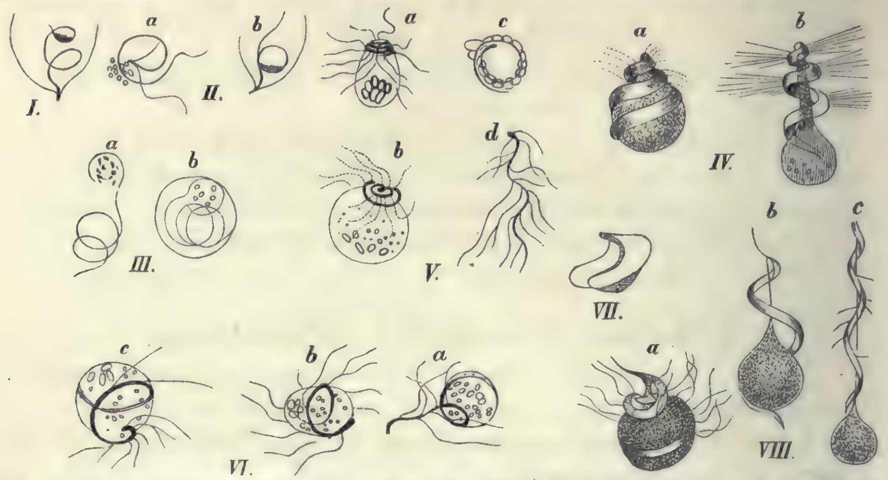


Fig. 99. Die Spermatozoiden der höheren Kryptogamen (nach Roze). *I* von Atrichum undulatum, im freien Zuſtande. *II a b* von Mnium hornum. *III* Pellia epiphylla, *a* in der Mutterzelle, *b* frei, noch mit dem Bläschen der Mutterzelle in Verbindung. *IV* Pteris arguta, *a* früherer, *b* ſpäterer Zuſtand, die Spermatozoiden mit dem Bläschen in Verbindung. *V* Pilularia globulifera, *a b* noch mit dem Bläschen in Verbindung, *c* in rotirender, *d* in fortſchreitender Bewegung. *VI* Salvinia natans, *a b* abnormales, *c* normales Spermatozoid. *VII* Selaginella Martensii. *VIII* Isoëtes lacustris, *a* mit dem Bläschen in Verbindung, *b c* zum Theil frei in fortſchreitender Bewegung.

Spermatozoid der Equiſeten beſitzt eine breite Floſſe an dem hintern Theil des Schraubenkörpers. Die Spermatozoiden bewegen ſich mit dem ſpitzen Theil des Schraubenbandes voraus in Zickzackbahnen, während der Körper der Schraube die Bewegung eines Korkziehers beſchreibt, Fig. 99 *IV b*.

C. Keimung.

Aus der ſchematiſchen Zuſammenſtellung, S. 46, geht hervor, daß die geſchlechtliche Zeugung bei den höheren Pflanzen direct zur Keimanlage führt. Die Vorgänge der Zellenbildung, welche hierbei in Betracht kommen, ſpielen ſich aber zunächſt noch im Innern der Mutterpflanze ab.

Dieſe Keimung aus der befruchteten Eizelle (Ontogeneſe) muß aber von der Keimung der Zellen, welche die Propagation beſorgen, unterſchieden werden, die letztere vollzieht ſich in den Verwandtſchaftskreiſen der Mooſe, Farrenkräuter, Equiſeten und aller höheren Kryptogamen durch geſchlechtsloſe Zellen, welche an vegetativen Organen abgeſchieden werden (die Sporen).

Die Geſchlechtspflanze iſt der nächſte Abkömmling der Sporenzelle. Sie iſt herrſchend in dem Verwandtſchaftskreis der Mooſe, dagegen zu einem rudimentären Gebilde herabgeſunken bei den Gefäßkryptogamen.

Bei den Laubmoofen wird fie durch einen vegetativen Körper, das Protonema, vorbereitet, welches in den Typus der Confervaceen zurückfchlägt und gefchlechtslos ift. Die Gefäßkryptogamen dagegen bilden flächenförmige Zellengebilde, deren Wachsthum mindeftens bei den Farrenkräutern Anfchluß an den Typus der Pellien und Metzgerien zeigt. Diefes Prothallium ift die gefchlechtererzeugende Pflanze.

---

§ 15. Moose (Musci)[1]).

In dem Formencyclus diefer Pflanzen kommt ein geringer Anfchluß für den vegetativen Körper vor, zwifchen den flachen Lagern oder Stämmen der Marchantieen, Pellia und Aneura einerfeits und den Fucaceen und Florideen andererfeits.

Die gemeinfchaftlichen Züge der Entwicklung finden fich in der Entwicklung der Gefchlechtsapparate und der Sporen. Wir können von der Mannigfaltigkeit in der Stellung und Gliederung derfelben in den zahlreichen Familien abfehen und uns an das Wefentliche des gefchlechtlichen Vorgangs halten: das Antheridium entfteht an der vegetativen Moospflanze, an dem Lager der Marchantieen z. B. oder im Axillarfproß als einzellige Sproffung, Fig. 100 *1*. Die Anlage theilt fich durch eine Zellwand in eine Bafalzelle und eine Knofpenzelle, Fig. 100 *2*. In dem vorliegenden Falle wird die Antheridienknofpe in den Stamm (das Lager) eingefenkt, dadurch, daß die Zone der benachbarten Randzellen wächft, Fig. 100 in *3* und *4*. Die fphärifche Knofpe theilt periphere Zellen ab von centralen. Die cen-

---

[1]) Hofmeister, Vergleichende Unterf. der Keimung u. f. f. der höheren Kryptogamen. Leipzig. Fr. Hofmeifter. 1851. — E. Hampe, *Orthotrichum Drummondii.* Bot. Ztg. 43. Ueber Claffification der Moofe. 297. 321. Bot. Ztg. 54. — W. P. Schimper, Dendropogon, eine Gattung der Laubmoofe. Bot. Ztg. 43. — K. Müller, Ueber die Laubmoosgruppe der Funariaceen. Bot. Ztg. 43. — E. Hampe, Bryologifche Notizen. Bot. Ztg. 46. — E. Hampe und K. Müller, *Andræa Heinemannii.* Bot. Ztg. 46. — K. Müller, Ueber einige Arten der böhmifchen Laubmoofe. Herausgegeben von Dr. Pöch. 404. Bot. Ztg. 46. Umbildung der Perichätialtheile der Laubmoofe. 619. Bot. Ztg. 48. — F. Kienitz-Gerloff, Ueber den genetifchen Zufammenhang der Moofe mit den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. 705. 721. Bot. Ztg. 76. Unterf. über die Entwicklungsgefch. der Laubmooskapfel und die Embryo-Entwicklung einiger Polypodiaceen. 33. 49. Bot. Zt. 78. — C. Warnstorf, Zwei neue europäifche Moosformen. 478. Bot. Ztg. 77. — B. C. du Mortier, *Jungermannideae Europææ.* 49. 65. 81. 97. Bot. Ztg. 77. — J. B. Jack, *Hepaticae Europææ.* 49. 65. 81. 97. Bot. Ztg. 77. — Leitgeb, Unterfuch. über die Lebermoofe. Jena. Deiftung's Verlag.

tralen theilen ſich wiederholt nach drei Richtungen, ſo daß eine große Anzahl von cubiſchen Zellen entſteht. Dieß ſind die Mutterzellen der Spermatozoiden, ſ. Fig. 100. Dieſelben werden zur Zeit der Geſchlechtsreife durch den in Fig. 100 *4* ſichtbaren Canal ejaculirt.

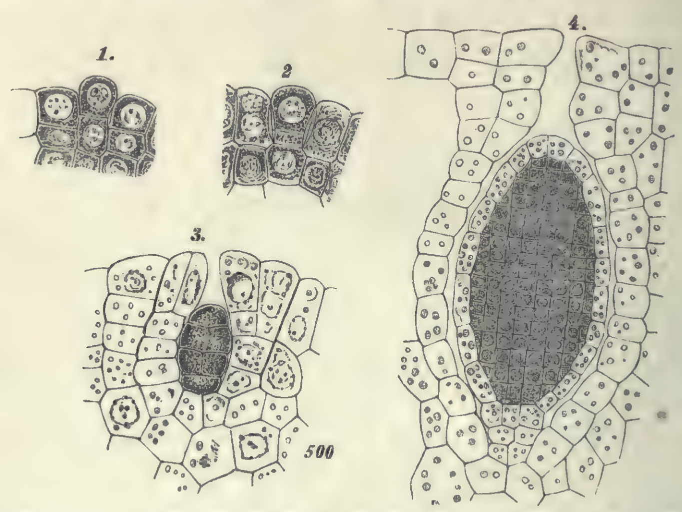


Fig. 100. Marchantia polymorpha (Strasburger, Pringsh. Jahrb. B. 7). Entwicklungsreihe des Antheridium. *1* das Zellenwärzchen am Rande des Lagers wird in *2* zweizellig, in *3* mehrzellig von dem Lager umhüllt, in *4* fertig in die Rindenſchicht und die cubiſchen Mutterzellen der Spermatozoiden differenzirt.

Die Entwicklung der Archegonien beginnt ebenſo aus einer Randzelle des Lagers oder Stammes, Fig. 101 *A*. Der Körper modelt ſich cylindriſch, ſpäter flaſchenförmig, wächſt im Beginn mit einer Scheitelzelle. Der Flaſchenkörper bildet im Bauchtheil, Fig. 101 *C*, die Centralzelle, an welche eine Reihe von Canalzellen anſchließt. Die untere, größere *b* wird zuletzt ausgeſtoßen, die obere zuerſt reſorbirt. Der Hals *h* beſteht aus 4—5 Zellenreihen, welche einen centralen Canal umſchließen. *A B C D* gibt einen Ueberblick über die Entwicklung bis zum geſchlechtsreifen und ſoeben befruchteten Archegonium, bei *s* eine Wolke von Spermatozoiden, von dieſen dringen einige durch den Halscanal nach der Centralzelle. Ueber den Vorgang der nächſt weiteren Differenzirung in der Centralzelle vor und kurz nach der Befruchtung gingen die Anſchauungen der Forſcher auseinander. Hofmeister beobachtete im geſchlechtsreifen Archegonium vor dem Eintritt der Spermatozoiden eine deutlich differenzirte Keimkugel, «das Keimbläschen», welches durch freie Zellbildung aus dem Plasmakörper der Centralzelle entſtanden iſt. Stets kommt nur ein einziges ſolches Keimbläschen im Archegonium zur Entwicklung. Nach den Unterſuchungen Strasburger's, welcher auch in der Entwicklung des Archegonium auf einige kleinere Abweichungen aufmerkſam macht, öffnet ſich zur Zeit der

Geschlechtsreife der Halscanal, nachdem die obere Kette von Canalzellen verflüssigt ist; die Canalzelle *h*, Fig. 101, tritt durch den Halscanal, erweitert durch ihre Quellung die Mündung desselben, bleibt als Schleimmasse vor derselben liegen. In ihr sammeln sich die Spermatozoiden und

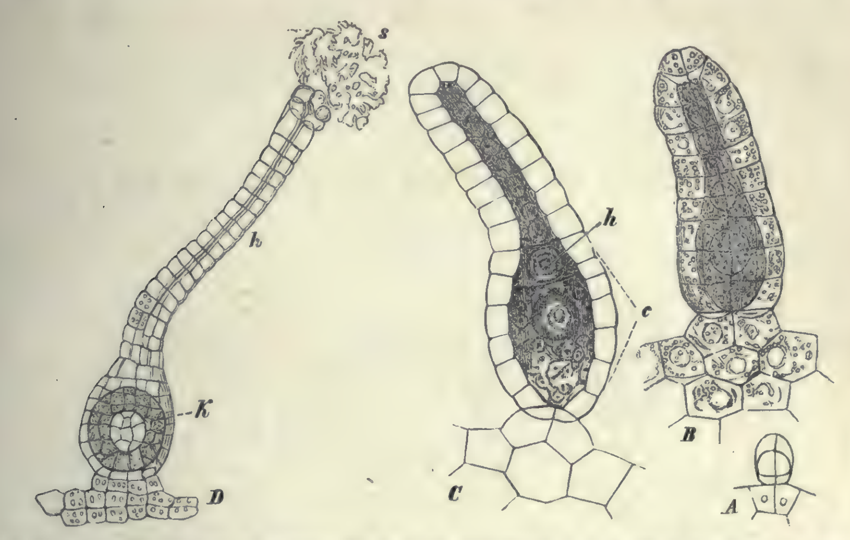


FIG. 101. Marchantia polymorpha. Entwicklungsreihe des Archegonium. *A* differenzirt in die Rindenschicht des Halscanals und die Canalzellen. *B* weiteres Stadium, Anlegung der Centralzelle. *C* Geschlechtsreife, *c* Centralzelle mit großem Kern, *h* Canalzelle. *D* befruchtet eine Wolke von Spermatozoiden in der Mündung des Halscanales.

dringen in den Halscanal ein. Der Plasmaleib der Centralzelle stellt die Eizelle dar, welche sich nach der Entleerung der Canalzelle abrundet.

Als sexuelle Hauptwirkung sehen wir die Weiterentwicklung der Befruchtungskugel an. Eine sexuelle Nebenwirkung ist die Entwicklung des Archegonium und die Ausbildung der Perichätien, sowie die mächtige Wucherung des Stammendes, an welchem die Archegonien stehen, z. B. bei Splachnum und Sphagnum. Die Befruchtungskugel enthält eine plastische Membran und theilt sich bald in zwei Zellen, aus der oberen entwickeln sich die Seta und Kapseln, die untere bleibt ungetheilt. Zuerst stellt der Fruchtkörper eine spindelförmige oder cylindrische Knospe dar, welche eine Zeit lang im Archegonium eingeschlossen bleibt. Diese wächst an ihrem Bauchtheil mit der Fruchtanlage zu beträchtlicher Größe, der Halscanal aber vergrößert sich nicht merklich. Endlich wird das Archegonium zerrissen, die Fruchtanlage differenzirt sich in einen Fuß, welcher sich in den Stamm einsenkt, die Seta, welche sich streckt, und die Kapsel, welche den abgerissenen Theil des Archegonium als Mützchen (Calyptra) mit in die Höhe hebt. Die Basis der Seta und der Fuß stecken in dem unteren Theil des zerrissenen Archegonium der Scheide (Vaginula). Die Kapsel differenzirt

die Sporen. Dieſe werden ausgeſtreut und keimen auf der Erde. Bis hierhin ſtimmen im Weſen der Sache alle Mooſe, mit Ausnahme der niederen Phascaceen, überein. In den feineren Zügen aber beſtehen für die einzelnen Familien außerordentliche Abweichungen, welche in der ſyſtematiſchen Ueberſicht zu betrachten ſind. Die Mooſe ſind in dem Hauptzug des geſchlechtlichen Actes uniform, in ihrer vegetativen Gliederung aber außerordentlich vielgeſtaltig. Wir wenden uns daher zu den Haupttypen des vegetativen Körpers.

A. Flache Lager mit einer oder mehreren Scheitelzellen[1]).

Wir unterſcheiden hier immer den jüngſten Ort, wo das Lager aus einer Zellenſchicht beſteht in der Nähe der Scheitelzelle, Fig. 102, von dem Theile, wo nachträgliche Theilung in dem älteren Orte das Syſtem mehrſchichtig macht.

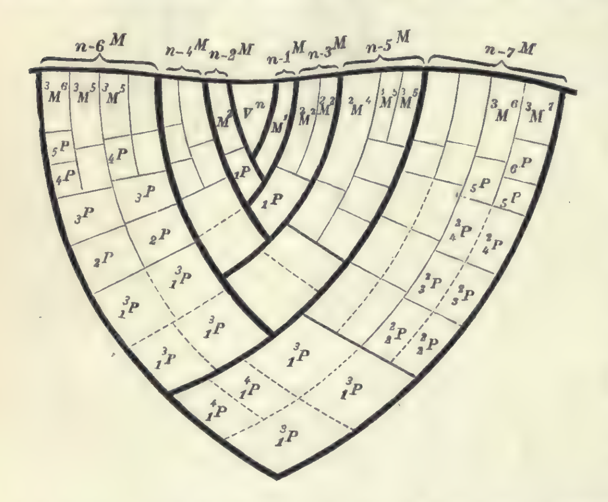


Fig. 102. Schema für Metzgeria und Aneura. V^n Vegetationspunkt; von dieſer dreiſeitigen Zelle liegen nach der einen Seite die ſtärker ausgezogenen Segmente M_{n-1}, M_{n-3} u. ſ. f., nach der andern Seite M_{n-2}, M_{n-4} u. ſ. f. Die fortſchreitende Theilung der Segmente erhält man, wenn man M_1, M_2 u. ſ. f. vergleicht. Die erſten Theilungen ſind mit dünnen ausgezogenen, die ſpäteren mit punktirten Linien angedeutet. (Kny, Beitr. zur Entwicklungsgeſch. der laubigen Lebermooſe. Pringsh., Jahrb. Bd. IV, Taf. V.)

Dieß Wachsthum läßt ſich zunächſt auf die Theilungen der Scheitelzelle, V^n Fig. 102, zurückführen. Dieſe ſcheidet wechſelnd nach links und rechts die im Schema ſchärfer ausgezogenen Segmente ab. Muſtert man dieſe von innen nach außen, ſo findet man, daß ſich die Zelle zunächſt in eine Randzelle M und eine Lagerzelle P theilt, links von der Scheitelzelle liegen die Zellengruppen: M_{n-6}, M_{n-4}, M_{n-2}; rechts dagegen: M_{n-7}, M_{n-5}, M_{n-3}, M_{n-1}.

Die Wachsthumsform iſt abhängig von der Anzahl der Theilungen und der nachträglichen Streckung der Tochterzellen. Die Scheitelzelle kann den Scheitel des Lagers wirklich beherrſchen oder in einer Einbuchtung

[1]) Solche Gebilde finden ſich als vegetative Körper oder geſchlechtstragende Prothallien bei den verſchiedenſten Verwandtſchaftskreiſen von den Metzgerien und früher noch den Fucaceen durch die Marchantien nach den Farrenkräutern (Prothallium); ſie verſchwinden in dem rudimentären Prothallium der Rhizocarpeen.

desſelben liegen. Die aufeinanderfolgenden Theilungen durch Wände, welche parallel den ſtärker ausgezogenen Bogen oder ſenkrecht zu dieſen und parallel dem vorderen Rande ſtehen, können leicht aus den Zahlen und Buchſtaben, welche im Innern der Zellen ſtehen, erſchloſſen werden. So ſind z. B. im ſechſten Segment, von innen gerechnet, $_1^3P$ Zellen gleichen Alters. $_1P$ war die erſte Lagerzelle, welche $_1P$ im zweitjüngſten Segment der Figur entſpricht und an eine Randzelle M grenzte. Durch dreimalige Theilung ſind vier Zellen entſtanden. In gleichem Sinne laſſen ſich die conſecutiven Theilungen in den übrigen Segmenten aufſuchen.

Die Anlegung des Gabelaſtes (man vergleiche die Abbildungen unter Metzgerien weiter unten in der ſyſtematiſchen Zuſammenſtellung) geſchieht in einem der jüngeren Segmente, ſeltener in der Scheitelzelle ſelbſt. Das in Frage ſtehende Segment theilt ſich zweimal durch gegenſeitig geneigte Wände, nach der zweiten Theilung iſt die Scheitelzelle des Gabelaſtes angelegt, Fig. 103. Die neue Scheitelzelle *3* führt nun raſch dieſelbe Segmentirung aus, wie die erſte, und die beiden Lappen divergiren bald unter ſpitzem Winkel.

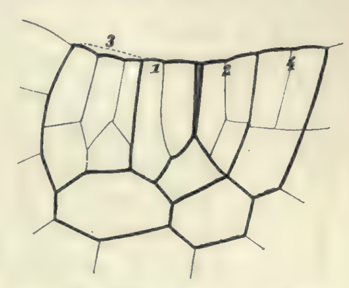


FIG. 103. Metzgeria furcata. Scheitelgruppe des Lagers, halbſchematiſch. Die ſtärker ausgezogenen Linien umgrenzen die zu einem Segment gehörigen Zellen, *1 2* die jüngſten Segmente. In *3* hat ſich eine zweite Scheitelzelle gebildet, dieß führt zu einer unächten Dichotomie, vgl. S. 137 Dictyota dichotoma.

Nicht bei allen blattloſen Lebermooſen functionirt eine einzige Scheitelzelle, bei einigen Formen treten mehrere ſolcher auf, welche durch gemeinſchaftliches Zuſammenwirken, durch Theilungen, zunächſt nach zwei zu einander ſenkrechten Richtungen in der Ebene das Lager oder den flachen Stamm weiterbilden.

Die flachen Stämme der Lebermooſe wurzeln mit Haaren, welche dem Rande oder der Unterſeite des Lagers entſproſſen.

Für die ſyſtematiſche Eintheilung erhalten wir:

I. Claſſe: Hepaticae.

A. Blattloſe flache Stämme oder rudimentäre Blätter, Frondosi.

B. Beblätterte mit einer einzigen Scheitelzelle wachſende Stämme, Foliosi.

II. Claſſe: Musci frondosi.

Beblätterte mit einziger Scheitelzelle wachſende Stämme, welche aus einem Vorkeim, Protonema, entſproſſen.

Wir wenden uns zunächſt zur I. Claſſe und behandeln die Gruppe A, vereinigen als nächſt höhere Stufe wenigſtens für die vegetative Gliederung die Abtheilung B mit der II. Claſſe.

Die Keimung der Sporen erfolgt ſehr bald nach der Ausſaat. Möge hier die Spore von Pellia epiphylla gewählt ſein, Fig. 104. Im Allgemeinen wird, nachdem das Exosporium geſprengt iſt, eine Zelle oder Zellenkette ausgetrieben, welche ſich bald in der Fläche theilt, unregelmäßige

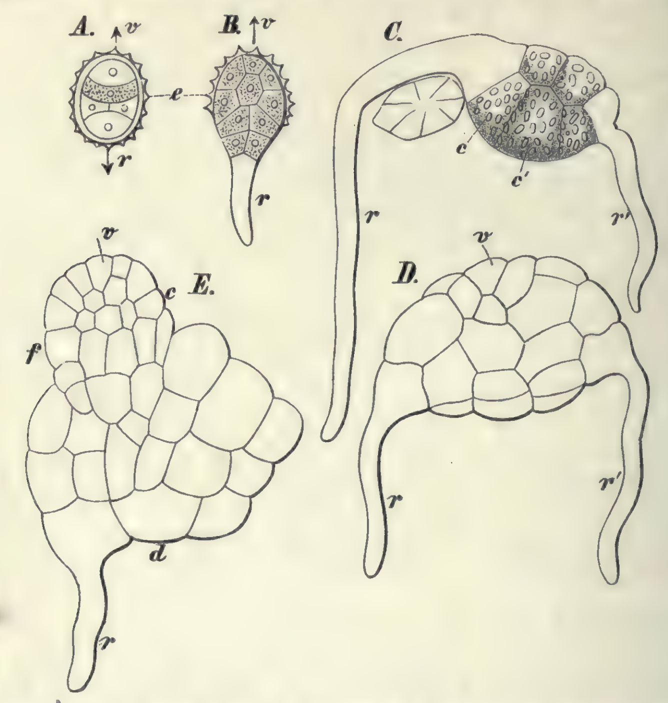


Fig. 104. Pellia epiphylla. *A* reife Spore. *B* ebenſolche drei Tage nach der Ausſaat, *v* Vegetationspunkt, *r* Wurzelende. *C D E* hintereinanderbelegene Entwicklungszuſtände junger Keimpflanzen mit zwei Wurzelenden und einem ſeitlichen Vegetationspunkt *r*, etwa 10 Tage nach der Ausſaat.

Zellenzweige oder Glieder bildet; das Pflänzchen wurzelt mit einzelligen Haaren. Bei Pellia iſt die Spore ſchon vor der Ausſaat vielzellig elliptiſch, Fig. 104 *A*, der eine Pol wird zum Wurzelhaar, der andere zum Vegetationspunkt des flachen Lagers, wenn nicht gerade, wie in der Figur 104 *C* dargeſtellt iſt, die Spore in eine ungünſtige Lage gerathen iſt, ſo daß ſie eine Seitenzelle zum Vegetationspunkt ausbildet, Fig. 104 *D E*.

Der erſte Theil der Keimungsgeſchichte der Lebermoosſporen iſt für die verſchiedenen Gattungen ſchon ſehr mannigfach (man vergl. Hofmeister's vergleichende Unterſuchungen).

I. Claſſe: Hepaticae.

I. Ordnung und Familie: Riccieen; einzige Gattung Riccia, Mich.

Der vegetative Körper dieſer charakteriſtiſchen Mooſe iſt ein flaches Lager, der Erde angeſchmiegt, mit glatten Wurzelhaaren befeſtigt, oder im

Waſſer fluthend. Das Wachsthum geſchieht mit einer, ſeltener mit mehreren Scheitelzellen. Die Antheridien und Archegonien entſtehen aus Oberflächenzellen, werden aber ſpäter durch die Bildung zahlreicher, ſenkrecht zum Lager orientirter Lamellen, welche durch wiederholte Theilung der Oberflächenzellen entſtehen, ſowie auch der Vegetationspunkt eingehüllt. Die Scheitelzelle dieſer Lamellen beſitzt bei Riccia glauca eine coniſche Papille, daher der Sammtglanz der Lager. Die Kapſel bleibt im Lager geſchloſſen, zeigt die geringſte Differenzirung. Die Columella wird frühzeitig reſorbirt. Sporen mit dickem warzigem Exoſpor, zu 12—20 in einer Kapſel. Jegliche Vorrichtung zum Ausſtreuen der Sporen fehlt. R. glauca auf feuchten Aeckern. R. natans fluthend in Sümpfen, wurzelnd am trockenen Schlamm; dieſes ausgezeichnete Studienobject zeigt Blattrudimente. Die Riccien ſind vorzügliche, leicht zu beſchaffende und leicht zu präparirende Studienobjecte. Das Lager bildet eingeſenkte Brutknoſpen. (Hofmeister, Vergleichende Unterſuchungen. Leipzig bei Friedr. Hofmeiſter 1851, S. 43 ff.)

II. Ordnung und Familie: Anthoceroteen; einzige Gattung Anthoceros.

Das Lager iſt flach geſchichtet, 12—20 Zellenlagen dick, unregelmäßig dichotomiſch gelappt, jeder Lappen mit einer zweiſchneidigen Scheitelzelle. Die Segmentfolge ſteht ſenkrecht zur Lagerfläche. In der Nähe der Scheitelzelle beginnt die Differenzirung in das Hautgewebe. Antheridien und Archegonien entſtehen auf demſelben Lager. Die Anlegung der Archegonien geſchieht in der Nähe des Scheitels durch endogene Umbildung einiger Zellreihen, welche zum Halscanal werden, dieſer erhebt ſich nicht über die Lagerfläche. Seine Mündung liegt in deren Ebene. Die Centralzelle 2—3 Zellenlagen tiefer im Lager geborgen. Die Antheridien entſtehen in der Nähe der Lagerfläche an der Oberſeite aus den Grenzzellen eines Intercellularraumes, ſie ſind geſtielt, von ſphäriſcher Geſtalt, mit einfacher Rindenſchicht, von der peripheren Zellenlage bedeckt. Die befruchtete Centralzelle theilt ſich nach der Umhüllung mit einer Membran durch eine zur Axe des Archegonium ſchief ſtehende Wand, bald durch mehrere Wände zu einem eiförmigen Körper, welcher einen breiten Fuß differenzirt, von welchem aus ſich die cylindriſche Kapſel differenzirt. Dieſe bleibt faſt bis zur Anlegung der Sporen von dem in der Nähe der Kapſelanlage mächtig wuchernden Lager eingeſchloſſen, ſtreckt ſich ſpäter über das Lager, bis zur Länge von 2 cm. Sie iſt differenzirt in eine 3—4 Zellenlagen ſtarke Rindenſchicht, eine einzige Lage von ſehr großen Sporenmutterzellen und die Columella. Die Sporenbildung ſchreitet allmälig von der Mitte nach beiden Enden der Kapſel fort, daher alle Zuſtände der Theilung in der Frucht angetroffen werden können. Die Sporen ſind Tetraëder. Zur Zeit der Reife ſpaltet ſich die Rindenſchicht in zwei

Klappen. Schleuderer fehlen (oder ſind rudimentär), Brutknoſpen entſtehen aus beſtimmten Zellen in der Lagerunterſeite endogen, in plasmareichen, ſich theilenden Zellen. Der Complex von Zellen, welcher zu einer Brutknoſpe gehört, hebt ſich außer Verband mit den Nachbarzellen, die Brutknoſpe ſendet ſchon ihre Wurzelhaare durch das Lager nach dem Boden. Anthoceros lebt in kleinen Colonien an feuchten Orten, Aeckern, Bachrändern u. ſ. f., vorzügliches Studienobject für Zelltheilung (HOFMEISTER, a. a. O.). Die Bildung der Calyptra fehlt im ſtrengen Sinn des Wortes den beiden vorſtehenden Familien.

III. Ordnung: Marchantiaceen.

Dieſe Familie bildet in der Schichtung des Laubes und dem erſten Auftreten des deutlich differenzirten Hautgewebes eine plötzliche Steigerung in der Complication der inneren wie äußeren Gliederung. Hier tritt zum erſtenmal die Epidermis mit (ſtabilen) Spaltöffnungen auf. Gemeinſchaftliche Züge: das Lager iſt flach dichotomiſch, bis viele Centimeter lang, die Lappen bis mehrere Centimeter breit. Der Vegetationspunkt zwiſchen zwei halbkreisförmigen Lappen an der Spitze des Lagers eingeſenkt, die Lager überziehen auf weite Strecken horizontale und lothrecht ſtehende Wände, feuchte Orte, Bachufer, Mauern in der Nähe der Mühlen u. ſ. f. Die Wuchsform charakteriſtiſch dadurch, daß der Jahrestrieb des Lagers an Einſchnürungen erkannt wird zwiſchen dem Trieb des einen und des nächſtfolgenden Jahres. Wenn auch nicht bei allen, ſo doch gewiß bei der Mehrzahl der Marchantien kann das Lager zunächſt als ein beblätterter Moosſtamm aufgefaßt werden, welcher ſich der Unterlage angepaßt hat. Dadurch übernahm der Stamm ſelbſt mit ſeiner flachen Ausbreitung die Function der Blätter, welche nun zu rudimentären Schuppen herabſanken. Ihre Entſtehung iſt indeß ſtreng akropetal, meiſt werden ſie nur auf der Unterſeite ausgebildet, entbehren des Clorophylles (ſ. Fig. 105). In der Familie iſt ein merkwürdiger Zug, deſſen Analogie in den Pſeudopodien der Sphagnaceen und Splachnaceen bei den Laubmooſen zu ſuchen iſt, in allen Graden der Steigerung hervorragend: der Theil des Lagers, welcher die weiblichen Geſchlechtsapparate entwickelt, ſproßt zu einem beſondern, auffällig geſtalteten Zweige, welcher mehr oder weniger über das Lager hervorragt. Wählt man für die Entwicklungsgeſchichte Marchantia polymorpha, als die Art, welche die Familie in ihren Eigenthümlichkeiten am ſtattlichſten vertritt, ſo findet man bei Unterſuchungen im Frühling, daß der Fruchtträger eine kleine, $^1/_2$ mm große Wucherung in der Nähe des eingeſenkten Vegetationspunktes iſt. Dieſelbe iſt von ſphäriſcher Geſtalt, parenchymatös und von unten her in die aufwärts gebogenen Schuppenblätter des Stammes eingehüllt. Aus den Oberflächenzellen der Unterſeite entſpringen die Archegonien und die Peri-

chätialblätter, welche die erſteren umgeben, das Archegonium wird Ende Mai befruchtet, noch ehe der Fruchtträger ſeine volle Ausdehnung erreicht hat.

Etwas weiter rückwärts vom Vegetationspunkt entwickeln ſich flache Scheiben aus dem Lager, welche zahlreiche eingeſenkte Antheridien ent-

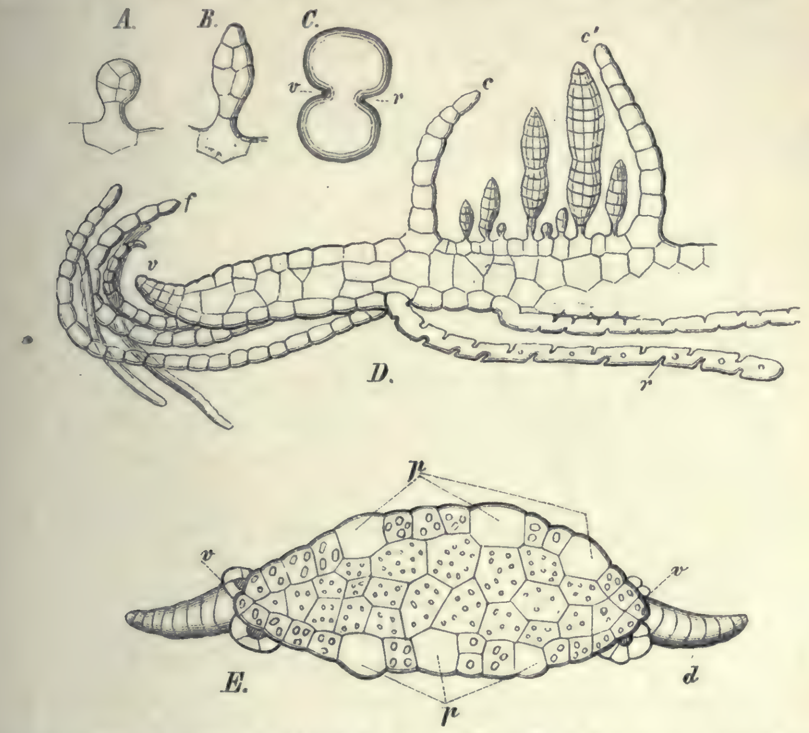


Fig. 105. Marchantia polymorpha. *A B* junge Brutknoſpe., *C* reife Brutknoſpe, ſchwächer vergrößert. *D* axiler Durchſchnitt durch das Lager und einen Brutbecher *c c'*, *v* Vegetationspunkt des Lagers, *f* die Blätter, welche der Unterſeite entſproſſen und hakig über den Vegetationspunkt gekrümmt ſind, *r* die Wurzelhaare. *E* Durchſchnitt parallel der Richtung *v r*, Fig. *C*, durch eine Brutknoſpe, *p* Zellen, welche die Haare bilden, *v* die Vegetationspunkte.

wickeln, dieſelben ſind berindet, von ſphäriſcher Geſtalt. Im reifen Zuſtand iſt die Scheibe in mäandriſche Hüllen mit großen Lufträumen aufgelockert. Von jedem Antheridium führt ein intercellularer Raum nach der Lagerfläche, durch welchen die Ejaculation der Spermatozoiden erfolgen kann. Nach der Befruchtung ſtreckt ſich der Fruchtkörper zu einem mehrere Centimeter langen Stiel, an welchem der Hut in mehrere Strahlen differenzirt ſchirmartig aufſitzt. Die Fruchtanlage in den zahlreichen Archegonien differenzirt ſich in einen Fuß, eine kurze Seta und die Kapſel, das ganze Gebilde, nicht viel über 1—2 mm groß, iſt faſt eingeſchloſſen in die Perichätialblätter. Bei den Marchantien kommt es zum Zerreißen der Archegonien, zur Bildung der Volva und Calyptra. Die Kapſel ſpringt mit Spalten auf. Für die Verwehung der Sporen iſt durch den freien Stand des Frucht-

trägers und die Lage der Kapſel auf der Unterſeite des Hutes geſorgt. Die Marchantien bilden (ganz regelmäßig M. polymorpha und Lunularia vulgaris) Brutbecherchen eigenthümlicher Art, dieſelben machen ſich im Durchſchnitt durch den Scheitel des Lagers, etwa 20—30 Zellenlängen, alſo etwa 10—15 Generationen hinter der Scheitelzelle, als zunächſt keſſelförmige Vertiefung kenntlich. Die Initialen des Becherchens ſind daher verhältnißmäßig nahe Verwandte der Scheitelzelle. Das Lager wölbt ſich über der Vertiefung, in ihrem Boden entwickeln ſich die Oberflächenzellen in verſchiedener Altersfolge zu demnächſt wenigzelligen, ſpindeligen Haarkörpern, die untere mit dem Lager in Verbindung ſtehende Zelle bildet den Träger, die obere entwickelt ſich durch Theilungen nach drei Richtungen zu einem flachen, grüngefärbten, vielzelligen Scheibchen, welches elliptiſch, beiderſeits eingekerbt, nach zwei zu einander ſenkrechten Richtungen ſymmetriſch iſt. Das reife Brutbecherchen bei Marchantia kreis-, bei Lunularia halbmondförmig, 3—4 mm im Durchmeſſer, iſt von zierlichen blattähnlichen Vorſprüngen bekränzt, offen, die zahlreichen Brutknoſpen können leicht herausgenommen werden. Sie keimen zu Marchantienlagern (nach 2—3 Tagen zeigt ſich ſchon merklicher Zuwachs),

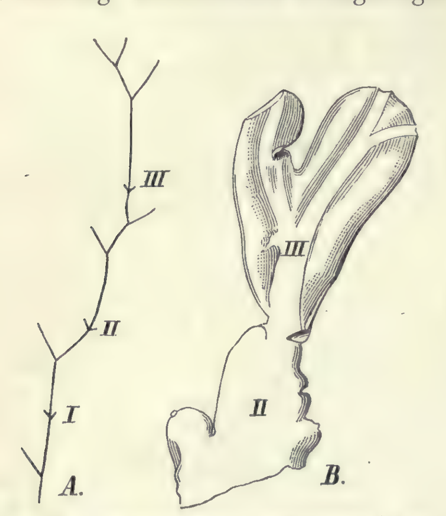


FIG. 106. Flaches Lager, welches den Erdboden in horizontaler bis lothrechter Lage überzieht, von Marchantia polymorpha. *I II III* Jahrestriebe in *A* ſchematiſch.

wenn ſie auf feuchte Erde ausgeſät werden. Sie ſind junge Marchantienpflanzen, die ausgeſäte Brutknoſpe verbreitert ſich zunächſt ſo, daß die beiden Einbuchtungen, *v r* Fig. 104 *C*, von einander entfernt werden.

Zu hiſtologiſchen Eigenthümlichkeiten kommt es bei Marchantia und Targionia durch die Bildung von langen einzelligen Wurzelhaaren, mit zierlichen centripetalen Verdickungen. Im Innern des Hutes wächſt ein Büſchel ſolcher Haare, durch den Stiel nach dem Boden das Lager durchbrechend. Durch die Gegenwart der Spaltöffnungen und der zugehörigen luftführenden Intercellularräume erſcheint die Oberfläche des Stammes weiß punktirt.

Von phyſiologiſchem Intereſſe iſt die negativ geotropiſche Krümmung des Halscanals am Archegonium, derſelbe krümmt ſich an der hängenden Kapſel nach oben.

Die Syſtematiker bilden aus dieſer intereſſanten Gruppe von Mooſen drei Unterfamilien:

a) Lunularieen (Lunularia vulgaris), wie Marchantia, Kapfel ungeftielt, Fruchtboden klein;

b) Targionieen, Kapfeln ungeftielt, eingefchloffen zwifchen den Blättern am Scheitel des flachen Stammes. Targionia Micheli, einzige Art bei uns;

c) Marchantieen. Am deutlich entwickelten Fruchtträger mehrere Kapfeln, zwifchen den Strahlen der letzteren, in Perichätien eingefchloffen, Kapfeln kurzgeftielt, mit deutlicher Calyptra, in mehrere Klappen auffpringend, Elateren mit zwei Schraubenbändern vorhanden.

Grimaldia, Rebouillia, Fegatella, Preissia, Marchantia, zum Theil kalkliebend. Grimaldia und Rebouillia fonft an feuchten Orten (f. Syftematik der Moofe). Entwicklungsgefchichte, HOFMEISTER, a. a. O. S. 48 ff. Beitrag zur Kenntniß des Baues der Marchantieenlager. Botan. Ztg. 1880.

IV. Ordnung: Jungermannieen.

In diefer Ordnung haben die Syftematiker mehrere Gattungen vereinigt, welche im vegetativen Aufbau eher Anfchluß an die Ordnungen I bis III haben. Sie theilen die Gruppe zunächft ein in: Frondosae, laub- oder lagerartige, und Foliosae, beblätterte Stämme.

A. Frondosae: Metzgerieae, Aneureae, Haplolæneae, Diplomitrieae, Codonieae.

B. Foliosae:

a) Blätter oberfchlächtig: Jubuleae, Platyphylleae, Ptilidieae, Trichomanoidae.

b) Blätter unterfchlächtig: Geocalycae, Jungermannieae, Gymnomitria.

Die allgemeinen und faft durchgehends herrfchenden Züge für beide Gruppen find diefe: der vegetative Körper, gleichgültig ob beblättert oder nicht, befitzt das Streben fich der Unterlage anzupaffen, diefe mag horizontal oder lothrecht ftehen. Diefe Tendenz beeinflußt die Wuchsform bis zu den Theilungen im Vegetationspunkt derart, daß die Theilungsebene bei den Metzgerien und Aneuren in die Fläche des Lagers zu liegen kommt. Sie beeinflußt mindeftens die Lage der im Spiral ftehenden Blätter bei den Foliofen, welche, wiewohl um eine dreifeitige Scheitelzelle entftanden, fich in die Ebene des Lagers krümmen und in charakteriftifcher Weife decken.

Die Keimung der ein- und mehrzelligen Sporen verläuft fo, daß nachdem das Exosporium durchbrochen ift, fogleich die Zellen zum Lager auswachfen, aus den Randzellen diefes werden fehr bald die Wurzelhaare als einzellige Cylinderzellen entwickelt, oder es bildet fich, fo bei den beblätterten Jungermannien, ein vielfach unregelmäßig flächenförmiger oder ebenfo veräftelter Vorkeim, aus deffen Zweigen die Knofpenanlage für die fpiralig und regelmäßig beblätterte Pflanze hervorgeht.

Das Blatt der Jungermannien iſt einſchichtig, rippenlos, gelappt, eingeſchnitten oder fiederig und buchtig gezahnt, ſtets bilden ſich die Zellen der Blattfläche ohne Verſchränkung und ohne auffällige Streckung in Richtung der Blattaxe nach allen Richtungen der Ebene gleichmäßig aus. Die Mittelrippe des Laubmoosblattes fehlt allen. Adventive Zweigvorkeime fehlen. Dagegen werden aus den Randzellen bei Metzgeria, Fig. 107, und Aneura ſofort zur fertigen Pflanze heranwachſende Adventivzweige ausgebildet. Die Blätter und Zweigſpitzen vieler beblätterter Jungermannien laſſen ihre Zellen außer Verband treten zu kugligen Zellchen (Gonidien), welche keimungsfähig ſind. Auffällige allgemeine Züge liegen in der Bildung des Perichætium, welches beiden Gruppen zukommt, und in der Ausbildung der Seta und Kapſel. Die Fruchtanlage (Anlage des Sporangium) iſt bis auf den einzelligen Zuſtand rückwärts verfolgt. In dem Maße, wie die Differenzirung vorſchreitet, bohrt ſich der Fuß in die Axe der Pflanze. Das Perichætium wächſt beträchtlich heran, umſchließt die Archegonien als eine tütenförmige, mannigfach zerſchlitzte Hülle, der Fuß erreicht eine größere Ausdehnung, die Seta iſt durchaus aus reihenweiſe geordneten, flachen Zellen gebildet. Die Kapſel differenzirt ſich früh kuglig mit einer Hüllſchicht, welche ſpäter in Klappen zerreißt, unter dieſer liegen die Sporenmutterzellen, der centrale Gewebeſtrang wird in Elateren umgewandelt.

Bei faſt allen Jungermannien, Pellien, Aneuren iſt die Kapſel in allen Theilen gereift, ehe die Streckung der Seta erfolgt. Dieſe tritt plötzlich ein, indem die tafelförmigen Zellen derſelben innerhalb 24 Stunden raſch heranwachſen, die Seta wird zu einem glashellen, zartzelligen Cylinder von geringer Feſtigkeit, von 3, 4 bis 6 und 10 cm Länge, welchen der geringſte Zug einknickt. Sehr bald erfolgt die Oeffnung der Kapſel und die Zerſtreuung der Sporen. Die Calyptra beſitzt gegenüber den Laubmooſen, bei den Lebermooſen überhaupt, eine geringe Ausbildung in der Form. Es beruht dieß in dem abweichenden Verhalten der Kapſel. Die Seta der großen Mehrzahl der Bryinae iſt lange Zeit, viele Wochen lang nackt exponirt, ehe überhaupt die Kapſel zur Entfaltung kommt. Dort ſchützt die Calyptra den nackten Scheitel der Kapſelanlage. Der Entwicklung der Frucht entſprechend ſind die Jungermannien an feuchte ſchattige Orte gebunden: feuchte ſchattige Waldorte, Erdanbrüche an Wegen, Hohlwegen, Anbrüchen von Lehm und Lößhalden. Wenige trockenhäutige Gattungen, welche die Rinde der Buche, Hainbuche, allgemein der borkenloſen Bäume beſiedeln (Radula complanata). In pflanzengeographiſcher Hinſicht ſind die Jungermannien zum großen Theil Schattenbewohner der Wälder, wenige gehen auf das Brachfeld hinaus oder über die Waldzone in den Alpen nach den lichten Flächen der hochalpinen Region.

Frondosae.

1° Metzgerieen. Durchaus regelmäßig dichotomiſch, ſ. Fig. 107 und 108, mit Wurzelhaaren flach der Unterlage angeſchmiegt. Lager einſchichtig. Das Wachsthum wird mit einer einzigen Scheitelzelle vollzogen. Die Dichotomie iſt eine unechte. Blätter fehlen vollſtändig, dagegen nehmen die in dem Segment ſtehenden Haare regelmäßige Stellung ein. Antheridien und Archegonien auf der Unterſeite in rudimentären Perichätien, welche in der Nähe der mehrſchichtigen Mittelrippe entſpringen. In großen Raſen an Baumſtämmen.



Fig. 107. Metzgeria furcata. *v* der Vegetationspunkt des Hauptſproſſes, *C* aus dem Rand entſpringender Adventivſproß. Die Mittelrippen der beiden ſtehen nicht miteinander in Verbindung. *r* randſtändige Wurzelhaare.

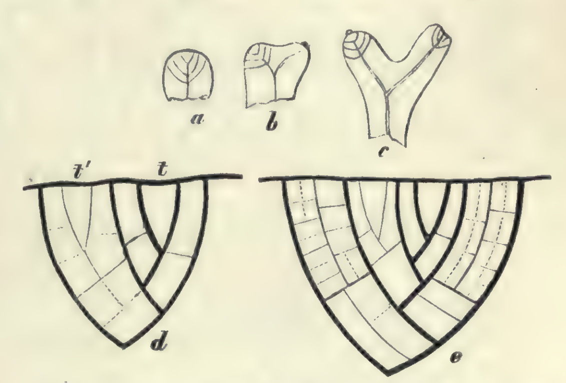


Fig. 108. *a b c* drei Zuſtände der Verzweigung, *d* und e Schema der Verzweigung im Scheitel der Metzgeria: man ſieht, daß die zweite Scheitelzelle ein Deſcendent vom dritten oder vierten Grad der erſten iſt, in *d* entſteht die Scheitelzelle *t'* im dritten Segment, nachdem dieſes ſich durch drei Zellengenerationen getheilt hat. (Kny, Beiträge u. ſ. f., Pringsh. Jahrb., Bd. IV, Taf. 5.)

Große Formen im ſubalpinen Waldgebiet, fructificiren ſelten. (Ausgezeichnetes Studienobject für das Scheitelwachsthum: Metzgeria furcata.) Einzige Gattung, wenige Arten. (Hofmeister, a. a. O., Kny, Pringsh. Jahrb. a. a. O.)

Die einzige Auszweigung höherer Ordnung iſt das Haar, welches regelmäßig der Scheitelzelle fehlt, dem zweiten oder dritten Segment ebenſo regelmäßig zukommt.

Von nicht geringem Intereſſe ſind die adventiven Sproſſe dieſer geometriſch ſo ſtreng gegliederten Pflanzen, ſie demonſtriren, daß den Dauerzellen die Neigung, in den phyſiologiſchen Rang der Scheitelzelle überzugehen, nicht abhanden gekommen iſt, indem ſie durch Theilung eine Scheitelzelle abgliedern, welche dem Scheitel des Hauptaſtes vollſtändig gleich iſt, Fig. 107.

Dieſe Adventivſproſſen aber laſſen eine merkwürdige Beziehung erkennen, darin, daß ihre Mittelrippe nicht in Verband mit der Rippe des Hauptſproſſes tritt. Das Streben, adventive Sproſſe zu bilden, liegt aber nur in der Randzelle. Allen übrigen Nachbarn dieſer nach dem Innern des Gewebes hin iſt dieſes Streben fremd.

2⁰ Aneureae. Der Stamm der Aneuren iſt flach, blattlos, aus mehreren Zellenlagen geſchichtet, unregelmäßig dichotomiſch. Der Scheitel wächſt mit mehreren Scheitelzellen, beſondere Rippen werden nicht aus-

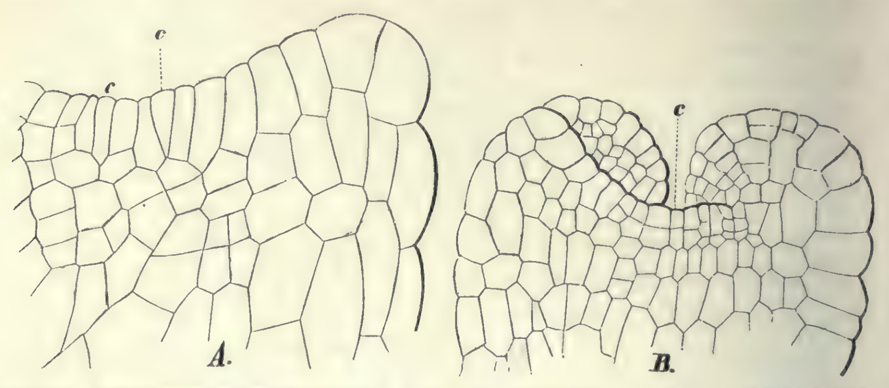


Fig. 109. Vegetationspunkte von Pellia epiphylla. *A* eine einzige Scheitelzelle *c* und *B* mehrere Zellen beherrſchen den Scheitel des Lagers.

gebildet. Die Textur iſt fleiſchig. Die Arten wachſen an feuchten Orten. Geſchlechtsorgane an beſonderen rudimentären Sproſſen, nicht im Lager eingeſenkt. Perichætium rudimentär. Die Aneuren ſind diöciſch. Einzige Gattung Aneura, wenige Arten.

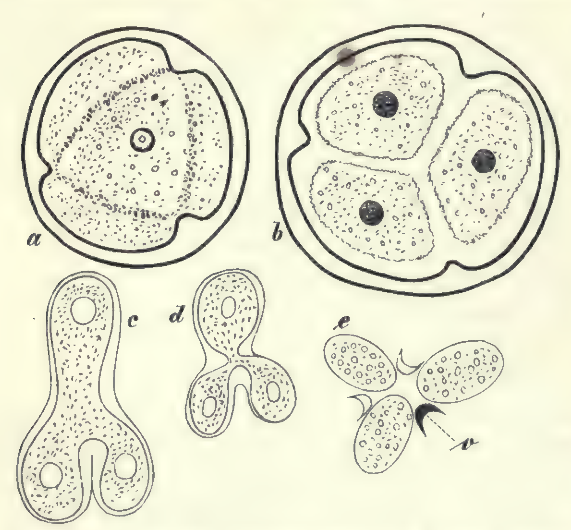


Fig. 110. Anthoceros lævis. Sporenmutterzelle in der Theilung. Entwicklung der Sporen: *a* die Sporenmutterzelle, *b* ſpätere Phaſe, *c* iſolirte mehrzellige, *d* iſolirte einzellige Sporen, *v* die Verdickung in der Schnürſtelle.

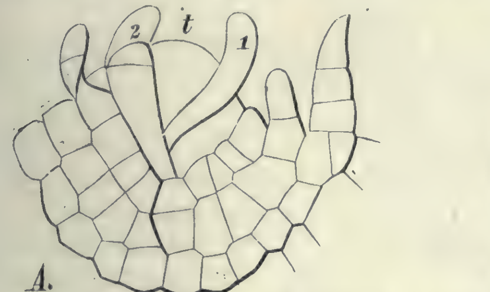
3⁰ Haplolænae. Das Lager dichotomiſch flach, mehrſchichtig, ſaftig grün. Der Scheitel wächſt mit mehreren Scheitelzellen. Die Colonien dieſer Pflanzen bilden z. Th. Halbroſetten oder Roſetten, Blasia, oder flache unregelmäßige Raſen, Pellia. Der Zuwachs des Lagers geſchieht mit mehreren Scheitelzellen. Bei Blasia werden Brutbecher in der Nähe des Vegetationspunktes auf der Unterſeite des Stammes gebildet. Bei derſelben Gattung finden ſich auf der Unterſeite des Stammes zwei Längsreihen von Blattrudimenten. Zu

den beften Studienobjecten über die Entwicklung der Kapfel und Sporen gehören die Arten der Gattung Pellia. Die Archegonien entftehen in der Nähe des Scheitels in einer Falte, welche durch die rudimentären Perichätialblätter mit dem flachen Stamm gebildet wird.

4⁰ Diplomitrieae. Der flache blattlofe Stamm wächft dichotomifch mit mehreren Scheitelzellen, ift mehrfach gefchichtet und befitzt eine mit den Zweigen gabeltheilige Mittelrippe. Antheridien und Archegonien auf der Oberfläche des Stammes, die letzteren in einem tütenförmig zerfchlitzten Perichætium. Einzige Gattung Blyttia, Endl.

B. Cylindrische beblätterte Stämme mit einer Scheitelzelle.

Hier kommen zwei Formenreihen in Betracht, die beblätterten Jungermannien und die Laubmoofe, welche nach dem Habitus und der Entwick-



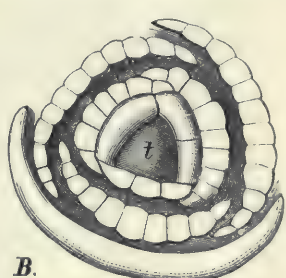


Fig. 111. *A* Fontinalis antipyretica. Längsdurchfchnitt der Scheitelregion. *t* Scheitelzelle, vergl. Fig. 113, *1*, *2* die erften blattbildenden Segmente. *B* Scheitelanficht des vegetativen Stammes von Fontinalis antipyretica. Die Scheitelfläche ift ein fphärifch-gleichfeitiges Dreieck.

lung der Sporenkapfel fonft getrennte Ordnungen im Syftem darftellen (f. S. 197). In dem Vorgang der vegetativen Gliederung haben fie den Zug gemein, daß die Stämme mit einer einzigen Scheitelzelle weiterwachfen, daß jedes Segment ein Blatt bildet.

Ein Durchfchnitt, parallel der Axe, durch den beblätterten Moosftamm, Fig. 111 *A*, zeigt die dicht übereinander ftehenden Bafen der Blätter, *1*, *2* die jüngften, foeben aus dem Segmente differenzirten, *t* die Scheitelzelle.

Im Querfchnitt durch die Knofpe erfcheint die Scheitelzelle als ein Dreieck, Fig. 111 *B*, oder als ein fphärifches Zweieck, Fig. 112 *a b*. Die Segmentfolge läßt fich aus der Fig. 111 *B* leicht aus der Deckung der neun dort verzeichneten Blätter und der jüngeren drei Segmente erfchließen. Nach der Divergenz $^1/_3$ fchreitet die Spirallinie von außen nach innen, von links nach rechts fort.

Man kann fich die Function der Scheitelzelle und ihrer Abkömmlinge des erften, zweiten u. f. f. Grades in diefem Sinne klarlegen. Verharren die Abkömmlinge längere Zeit in dem ruhenden Zuftande, ohne feit-

liche Organe zu bilden, werden dieſe erſt nach der Bildung zahlreicher Zellengenerationen differenzirt, ſo wird auch die Segmentirung verwiſcht; geht

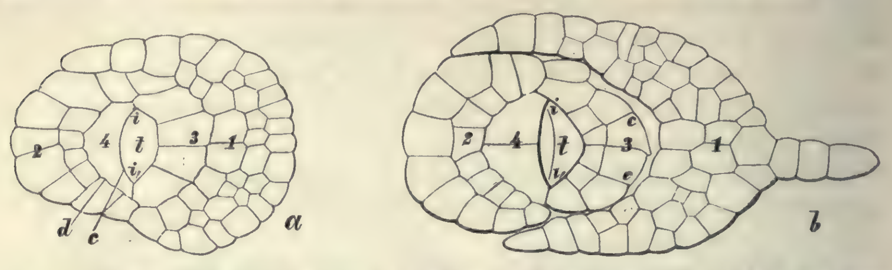


FIG. 112. Fiſſidens taxifolius (Musci frondosi). *a* Querſchnitt durch die Knoſpe. *1*, *2*, *3*, *4* die jüngſten Blätter im Querſchnitt, *i i'* die Scheitelzelle, *4* das jüngſte einzellige Segment, *3* beſteht aus vier Zellen, das Blatt *2* iſt bereits geſchichtet, *1* beſteht ſchon aus vier Zellenſchichten. *b* ebenſo an dem äußerſten, älteſten Blatt *1* iſt bereits der am Rücken entſpringende Flügel gebildet, welcher im oberen Theil des ausgewachſenen Blattes in die Blattfläche übergeht.

aber jedes Segment unmittelbar nach ſeiner Entſtehung in die Bildung des ſeitlichen Organes ein, ſo wird auch die Segmentirung in der Nähe des Scheitels deutlicher.

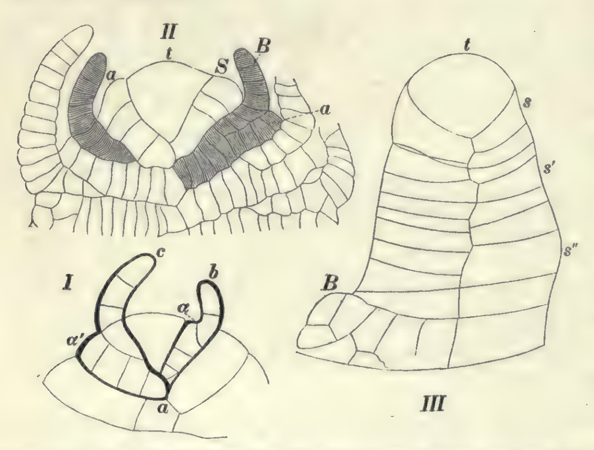


FIG. 113. *I* und *II* halbſchematiſche Darſtellung eines Längsſchnittes durch die Knoſpe eines Laubmooſes. In *I* ſind zwei Zellencomplexe ſchärfer ausgezogen, um die Lage des Axillarſproſſes zu dem Blatte feſtzuſtellen. Im jüngeren Segment *b* würde der Axillarſproß in *a* an der Bauchſeite des Blattes liegen. In *c* aber iſt er ſo dargeſtellt, wie wenn er bei *a'* auf der Rückenſeite des zubehörigen Blattes läge. In *II*, eine Copie nach HOFMEISTER, finden ſich Zeichnungen, welche beide Deutungen zulaſſen. *III* ſchlanke Scheitelknoſpe von Salvinia natans, *s s'* die Segmente, durch wechſelnd nach links und rechts geneigte Wände entſtanden, *B* Blattanlage.

Der Scheitel wird flacher, wenn die Entwicklung der Seitenorgane eine langſame iſt. Er wird ein ſteiler Hügel, wenn alle Organe ſich raſch ſtrecken.

Bei den Mooſen fehlt durchaus die Wirtelſtellung der Blätter. Immer ſtehen dieſe in ungleichem Niveau nach $^1/_2$, $^1/_3$, $^3/_8$ u. ſ. f., dem entſprechend iſt auch die Form der Scheitelfläche charakteriſtiſch. Genau $^1/_3$ Stellung, Fig. 111 bei Fontinalis, Meesea tristicha bringt auch eine genau dreiſeitige Scheitelzelle hervor. Die Stellung $^1/_2$ bei Fiſſidens, Fig. 112, hat eine zweiſeitige Scheitelzelle zur Folge.

Das Segment *S*, Fig. 113, theilt ſich ſehr bald durch eine Zellwand in zwei Zellen, die untere gehört dem Stamm, die obere wird zum Blatt und wölbt ſich bald als kleine Warze *B*, Fig. 113 *II*, über den Knoſpen-

fcheitel, in welcher die Theilung zunächft ebenfalls von einer Scheitelzelle eingeleitet wird (f. weiter unten).

Bei den unterfuchten beblätterten Jungermannien entfteht das Segment, welches dem Axillarfproß Urfprung gibt, in der Achfel der Blattanlage, fo daß die Lage fchematifch durch den Complex *a a b*, Fig. 113 in *I* dargeftellt ift. Bei den unterfuchten Laubmoofen aber ift (fehr wahrfcheinlich bei allen) der Axillarfproß, welcher in der Achfel eines gegebenen Blattes angetroffen wird, ein Abkömmling aus dem Segment eines nächft höheren in der Orthoftiche oder doch in einer fehr fteilen Parafticheelegenen Blattes, fo daß die Lage durch *a a' c*, Fig. 113 in *I*, oder durch den fchraffirten Complex in *B II* derfelben Figur dargeftellt wäre. In erfter Linie muß darauf aufmerkfam gemacht werden, daß in dem letzteren Fall durch nachträgliche weitere Theilungen der Zellenabkömmlinge die Gewebe gebildet werden, welche das Internodium des Stammes darftellen. Diefes läßt fich in dem halbfchematifchen Querfchnitt durch die Knofpe von Polytrichum formosum, Fig. 114, leicht überfchauen.

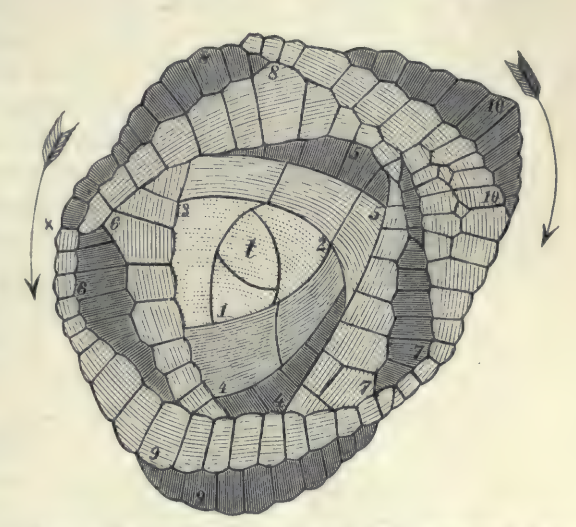


Fig. 114. Polytrichum formosum. Schema eines Querfchnittes durch den Scheitel des beblätterten Stammes. *t* Scheitelzelle, *1*, *2*, *3* u. f. f. die Infertionsflächen der Blätter. Die fchraffirten Theile der Zeichnung entfprechen den nach genauen mikrofkopifchen Aufnahmen zufammengeftellten Axillarfproffen, beziehentlich den Orten, wo diefe fich entwickeln würden. Dort entftehen die Antheridien und Archegonien der fruchtbaren Pflanzen. Der Pfeil zur Rechten verbindet die Blätter *10*, *9*, *8* u. f. f. bis *1*, gibt alfo die Folge der Blätter ihrem Alter nach und nach dem kurzen Weg der ³/₈ Divergenz an. Der Pfeil zur Linken aber verbindet die Zellenketten continuirlich, f. Text.

Die hellen Zellencomplexe entfprechen den Infertionsflächen der Blätter, die dunkler fchraffirten dagegen find die Axillarfproffe. Die fchraffirten Gewebecomplexe ftrecken fich und bilden die Antheridien und Archegonien. Es ift leicht erfichtlich, daß wenn diefes Moos, was in der That nicht der Fall ift, die Axillarfproffe ausbilden würde, das Blatt *10* feinen Axillarfproß aus dem Segment *7* erhielte, *9* aus *6*, *8* aus *5* u. f. f. Allgemein das Blatt *n* erhält feinen Axillarfproß vom Segment $n-3$[1]).

---

[1]) Kny, Ueber die Axillarknofpen der Florideen.

1. Entwicklung des Blattes.

Die Geſtalt des Moosblattes iſt verhältnißmäßig einfach, urſprünglich eine einfache Zellenfläche, elliptiſch, kreisrund oder zugeſpitzt, mit zwei intercalar entſtehenden Seitenflügeln, Fig. 115, oder ohne ſolche, je nach den Arten. Der Rand iſt von einer geſtreckten Zellenkette eingeſchloſſen oder nicht, gezähnelt oder glattrandig. Außerordentlich ſelten werden gefiederte Blätter gebildet.

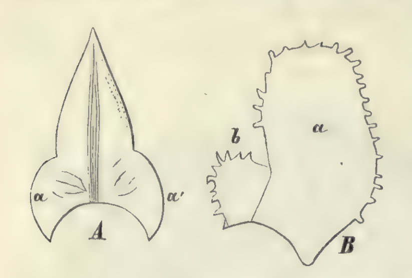


Fig. 115. *A* Blatt von Dicranum. *B* Blatt von Plagiochila asplenioides. *a a'* die baſilaren ſtengelumfaſſenden Flügel in *A*. *a* das ober-, *b* das unterſtändige Blatt in *B*.

Alle Moosblätter laſſen ſich in der Entwicklung von einer einzigen Zelle herleiten, deren Querſchnitt aus der Figur der jüngeren Segmente in den Fig. 111 bis 114 erſichtlich wird.

Die Theilungen in der Fläche werden aus der Figurenreihe 116 *A* bis *E* erſichtlich. In dem Zuſtand *A* hat eine geneigte Wand zwei Zellen abgeſchieden. In *B* iſt das Syſtem durch eine zweite entgegengeſetzt geneigte Wand dreizellig. Von jetzt ab functionirt die Scheitelzelle *t*, indem ſie wechſelnd nach links und rechts neue Zell-

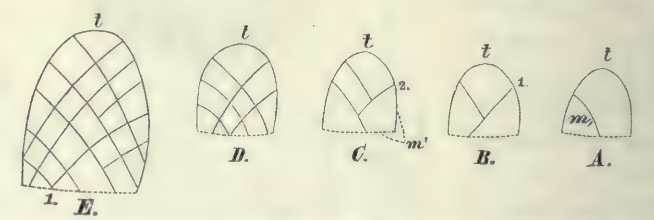


Fig. 116. Entwicklung des Blattes von Sphagnum cymbifolium. Das Syſtem *A* wächſt und theilt ſich durch wechſelnd nach links und rechts geneigte Wände, die ſo abgeſchiedenen Zellen theilen ſich wiederholt durch Wände, welche den früheren parallel gehen. So ſind in *B* zwei Segmente abgeſchieden und es iſt eine dreiſeitige Scheitelzelle *t* übrig geblieben, in *C* ſind drei Segmente gebildet u. ſ. f., in *E* beginnen die unteren Segmente ihre Theilung, welche nach Fig. 117 weiter zu verfolgen iſt. (Nägeli und Cramer, Pflanzenphyſ. Unterſ. 1855.)

wände einſchaltet, während das Gebilde an Größe zunimmt und die Reihe *A* bis *E* durchläuft.

Jedes Segment bildet nach dem für die Metzgeria erläuterten Schema noch Tochterzellen des erſten, zweiten Grades. Die Zellenabkömmlinge in der Blattfläche ſind entweder unter ſich, abgeſehen von denjenigen, welche am Rande liegen, oder denjenigen, welche die Rippe oder die ſeitlichen Flügel bilden, geſtaltlich und functionell gleichwerthig, ſo in der Mehrzahl der Formen, oder es macht ſich bereits eine phyſiologiſche Differenz geltend:

a) Differenzirung bei Sphagnum, Fig. 117. Jede der rhombiſchen Zellen theilt ſich durch eine Wand, welche parallel der einen Seite des Rhombus geht, in zwei verſchiedene, *t* und *u* Fig. 117, die letztere bildet nochmals

eine zu *t* ähnliche Zelle, parallel der anderen Seite des Rhombus. Die beiden neu entstandenen Zellchen führen Chlorophyllplasma und sind in ihren Wänden geschlossen. Die größere und in den Figuren weiß gezeichnete Zelle verliert endlich mit dem Heranwachsen des Blattes ihr Protoplasma, ihre Flächenwände erhalten große Poren und spiralige Verdickungen, sie führen Luft oder Wasser, je nach der Benetzung. Im ausgebildeten Zustande ist die Blattfläche aus diesen lang gestreckten Luftzellen zusammengesetzt, welche je von vier Chlorophyllzellen eingeschlossen sind. (Ein leicht zu beschaffendes Studienobject die Blätter von Sphagnum cymbifolium);

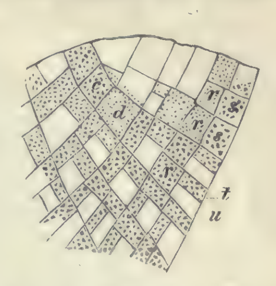


Fig. 117. Sphagnum cymbifolium. In einiger Entfernung vom Scheitel theilen sich die Zellen letzten Grades in zwei morphologisch und physiologisch ungleichwerthige Glieder *t* und *u*.

b) das mehrschichtige Blatt der Polytrichen und Barbulaarten, Fig. 118, bildet chlorophyllführende Zellen nur in Lamellen, welche durch nachträgliche Theilung der Randzellen auf der Oberseite entstehen, alle übrigen Zellen des Blattes entbehren das Chlorophyll.

Die Blätter sinken bei den Buxbaumien sammt dem Stamm zu Rudimenten herab. Fig. 119 ist der Durchschnitt des Stammes, welcher von einer halbreifen Sporenfrucht *S b* bewohnt ist, bei *b* die untere Wurzelzelle der Frucht, *f* die rudimentären Blätter. Der Stamm ist ein saftiger unverzweigter Hohlkörper.

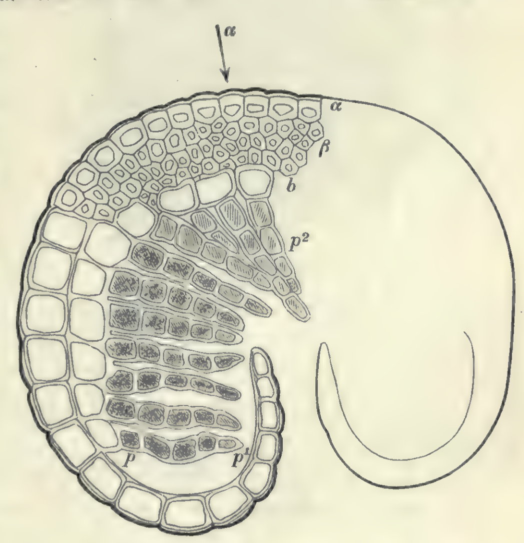


Fig. 118. Querschnitt des Blattes von Barbula aloides nach Lorentz (in Pringsh. Jahrb. VI). Die chlorophyllführenden Lamellen $p\,p^1\,p^2$ entsprossen der Oberseite des Blattes, nachdem dieses in der Fläche fertig differenzirt ist.

Die Systematiker benützen für die Bestimmung der Gattungen und Arten der Laubmoose noch die folgenden histologischen Züge:

1⁰ das Gewebe des Blattes ist parenchymatisch, d. h. die Zellen sind nach allen Richtungen nahezu von gleichem Durchmesser;

2⁰ die Zellen sind prosenchymatisch, d. h. in einer zur Längsrichtung des Blattes wenig geneigten Richtung vorzugsweise gestreckt und faserähnlich mit ihren Spitzen in diejenigen der Nachbarzellen verschränkt;

und es kommen noch weiter diese Eigenschaften in Betracht:

1⁰ ein Hauptzug des Moosblattes iſt das Fehlen der Haare auf der Fläche[1]), welche dem Blatte der höheren Pflanze eine ſo charakteriſtiſche Beſchaffenheit geben. Es contraſtirt dieß mit dem anderweiten Vorkommen der Haare, mit der geſetzmäßigen Stellung des Haares auf dem Axentheil des Segmentes bei Metzgerien;



FIG. 119. Buxbaumia aphylla. Längsſchnitt durch den Stamm und die in demſelben eingefügte Seta *s*, *b* deren Baſalzelle, *p* Wurzelhaare, *w* Wucherung der Baſalzelle, *f* die Blättchen des Moosſtammes.

2⁰ das Blatt ſchichtet ſich in der Richtung ſenkrecht zur Fläche, Neigung nach den höheren Blättern hin;

3⁰ die Neigung, an der Baſis zwei intercalare Wucherungen zu bilden (Flügel), Nebenblattrudimente;

4⁰ die Blätter der Jungermannien ſcheiteln ſich in einer ſenkrecht zum Loth ſtehenden Ebene und geſtalten ſich ungleich: die Syſtematiker ſprechen von oberſchlächtigen Blättern, wenn das obere Blatt größer iſt als das untere; die Blätter ſind unterſchlächtig, wenn das untere Blatt das größere iſt;

5⁰ dem Moosblatte fehlt jedes Rudiment zu dem Blattſtiele und damit jedes Rudiment zu dem Gelenke, durch welches die periodiſchen Blätter der höheren Pflanzen mit einjähriger Dauer abgeſtoßen werden;

6⁰ jede Anlage zur Bildung der Spaltöffnung fehlt auch bei den geſchichteten Moosblättern.

2. Anatomie des Moosstammes.

Die ſexuell wohl umſchriebene Familie der Laubmooſe zeigt in dem Charakter des Stammes auffällige adaptive Neigungen. Die paraſite Adaption fehlt vollſtändig. Durch geſellſchaftliches Beiſammenleben, Raſenbildung aus-

[1]) Während umgekehrt die Stellung desſelben bei den höheren Pflanzen auf der Blattfläche zunimmt, in der Knoſpenverjüngung aber zurücktritt. Das Haar der höheren Pflanze iſt chlorophylllos; die Lamelle, Chlorophyll führender Zellen bei Polytrichum und Barbula membranifolia, ſteht damit in auffälligem Gegenſatze. Dem Moosblatte fehlt jedes Rudiment zur feineren Gliederung in Einzelblättchen, Blattfieder.

gezeichnet, find die meiften in hohem Grade fchattenertragend, ächte Bewohner des Waldbodens. Die Verbindung mit dem Boden wird bei allen durch Haare beforgt, jede adaptive Neigung der Stämme nach der Wurzelbildung hin, wie fie dem höheren Kreife der Gefäßkryptogamen zukommt, fehlt den Moofen.

Durch die Metzgerien mit dem Dictyotatypus im Wefen der Verzweigung verbunden, zeigen die Laubmoofe in der baumartigen reichften Gliederung des Stengels eine höhere Erhebungsftufe der Verzweigung.

In der Segmentirung der Scheitelzelle zeigt fie die höchfte morphotifche Differenzirung der Zelle.

In den negativ heliotropifchen Stämmen der Jungermannien zeigt fich eine auffällige Adaption an das Licht.

Vor Allem aber in der Bildung der Axillarfproffe ift die adaptive Tendenz nach den perennirenden höheren Pflanzen gegeben.

Beachten wir in der vorftehend gefchilderten Entwicklung am Scheitel die folgenden Vorgänge:

1⁰ die Scheitelzelle bildet ein Segment, das Segment bildet einen:

a) haartragenden Axentheil, Axillarfproß;

b) ein Blatt;

2⁰ die Scheitelzelle bildet periodifch:

a) Zweiganlagen;

b) Segmente von der vorftehenden Art;

3⁰ die Scheitelzelle bildet periodifch:

a) ein Segment, diefes bildet eine Scheitelzelle für das Blatt; und

b) eine Zelle, welche zum Stamm gehört;

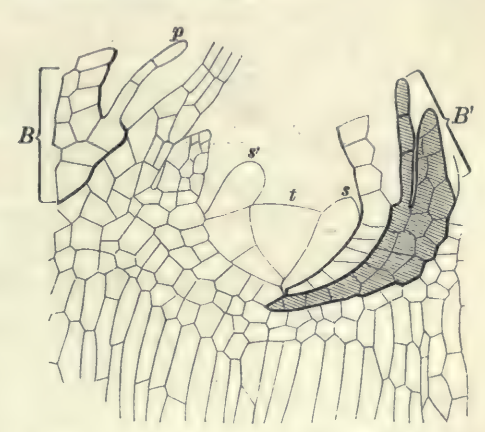


FIG. 120. Polytrichum formosum. Längsdurchfchnitt durch die beblätterte Pflanze. *t* Scheitelzelle, *s s'* die jüngften Blätter, *p* die Haare auf den axillaren Knofpen. In *B B'* die Zellencomplexe durch Klammern zufammengehalten, welche auf ein Segment *s* zurückgeführt werden können. Unterhalb der Scheitelregion die geftreckten Zellen, welche dem erften Gefäßbündelfyftem entfprechen.

fo wirft fich zunächft die Frage auf: welches find die anatomifchen Verhältniffe des ausgewachfenen Stammes?

In dem Laubmoosftamm kommt das erfte Rudiment zu dem Fibrovafalfyftem zum Vorfchein[1]).

Der Querfchnitt aller Laubmoosftämme zeigt eine dickere oder minder dicke Strangfchicht in centraler Lage; auf diefe folgt eine lockere paren-

[1]) LORENTZ, PRINGSHEIM's Jahrb. Bd. VI.

chymatiſche Schicht, in welcher in der Nähe der Scheitelregion, namentlich bei den ſtumpfſcheitligen, die Inſertionsflächen der Blattbaſen deutlich kenntlich ſind (die Deuter nach LORENTZ, das beſte Studienobject iſt Polytrichum)[1]. Die Nerven des Blattes, im Allgemeinen ebenfalls aus langgeſtreckten Faſerzellen beſtehend, ſetzen ſich als Blattſpuren in die periphere Schale des Stammes fort, haben aber unter ſich nicht den Anſchluß in Paraſtichenlinien wie bei den höheren Gefäßpflanzen[2].

Bei den Sphagnumarten iſt das Blatt zwar rippenlos, in dem Stamm aber läßt ſich der Beginn des trachealen Syſtems an cylindriſchen, zugeſpitzten und mit Poren verſehenen Faſerzellen erweiſen. Das Fibrovaſalſyſtem der Mooſe unterſcheidet ſich ſomit von dem der höheren Pflanzen durch die rudimentäre Ausbildung der Blattnervatur und dadurch, daß die Blatthauptnerven, wiewohl ſie in den Stamm eintreten, mit dem ſtammeigenen centralen Fibrovaſalſtrang nicht in Verbindung treten, auch dort ſehr bald endigen. Bei Polytrichum laſſen ſich in tieferen Stammtheilen acht nach $^3/_8$ Divergenz und in verſchiedenem Abſtand vom Mittelpunkt belegene Spuren der rudimentären Gefäßbündel nachweiſen, ganz entſprechend dem verſchiedenen Abſtand der Blattinſertion vom Mittelpunkt des Stammquerſchnittes. Den Gefäßbündelrudimenten im Mooſtamm fehlt jede Anlage zur dauernden Vermehrung; ſie erfahren daher keinen Zuwachs.

C. Formenreihe der beblätterten Moose.

1. Entwicklung der Kapsel.

Um in der vorgeſteckten Umgrenzung die Hauptzüge der beblätterten Mooſe darzulegen, müſſen wir zurückgehen zu der im Archegonium befindlichen, ſoeben befruchteten und zur Ausbildung ſich anſchickenden Centralzelle. In dem Verhalten der Kapſelanlage ihrer inneren Gliederung und in der Rückwirkung des geſchlechtlichen Actes auf das angrenzende vegetative Syſtem machen ſich die Hauptunterſchiede der Familie geltend. Wir erhalten dieſe Züge:

a) Jungermannieen (Foliosae).

Die urſprünglich zweizellige Kapſelanlage entwickelt aus der oberen Zelle einen ſphäriſchen Körper. Derſelbe wächſt im Beginn durch wiederholte Theilung einer Scheitelzelle, differenzirt ſich an der Baſis in einen mächtig anſchwellenden Fuß, welcher ſich dem Stamm tief einſenkt, aber niemals mit demſelben verwächſt. Strangzellen fehlen. Die unteren Grenzzellen wachſen häufig zu kurzen, wurzelähnlichen, in den Stamm bis zu

---

[1] Feinere Details in der ausgezeichneten Monographie von LORENTZ, a. a. O.

[2] Zu vergleichen Bd. I des Handbuchs, S. 313, Fig. 303 u. 304.

geringer Tiefe eindringenden Schläuchen aus. Die Seta differenzirt fich in außerordentlich regelmäßig parallel der Axe geordnete, zartwandige Zellenketten. Die Kapfel, meift kuglig, differenzirt fich in einen centralen und axilen Strang, welcher aus Spitzfaferzellen zufammengefetzt ift. Diefe werden zu den Elateren und ftellen zur Zeit der Sporenreife cylindrifche Zellen dar mit fchraubenliniger Verdickung auf der Innenfeite. Der axile Strang ift umgeben von dem fporenbildenden Gewebe. Diefe Gewebe find von der Kapfelwand eingehüllt.

Alle diefe Theile werden bei den foliofen Jungermannieen ausgebildet, bevor das Archegonium zerreißt; mindeftens ftreckt fich die Seta nicht eher, bis die Kapfel in allen ihren Geweben differenzirt ift: der Seta fehlt jede Spur eines Stranges. Die Streckung erfolgt plötzlich, das Archegonium wird zerriffen, die Calyptra ift hinfällig und nicht fo formenreich wie bei den Laubmoofen. Die Seta von geringer Feftigkeit aus hyalinen, wafferreichen Zellen zufammengefetzt, welche rafch vertrocknen. Die Kapfel öffnet fich vom Scheitel nach der Bafis in 4—8 Klappen. Die Sporen und Elateren werden frei. Das Perichætium ift häufig aus den Perichätialblättern zu einer glocken- oder tutenförmigen, mehr oder weniger gezahnten Hülle verwachfen (Unterfchied von den Laubmoofen).

Die allgemeinen Züge der vegetativen Gliederung beftehen darin, daß der Stamm mit einer Scheitelzelle wächft, und daß aus dem Segment nach der dritten oder zweiten Theilung fchon die Blattanlage als halbelliptifches, einzelliges Wärzchen kenntlich wird. Die Scheitelfläche der Terminalzelle ift ein fphärifches Zweieck oder Dreieck, die Geftalt derfelben fomit eine verkehrt ftehende Pyramide oder ein zweifchneidiger Körper, deffen Grundfläche jenes nach dem Scheitel zeigende Zweieck ift.

Bei der Keimung der beblätterten Jungermannieen entwickelt fich die Sporenzelle, nachdem das Exofporium gefprengt ift, zunächft zu einem gegliederten Zellenfaden mit bauchig aufgetriebenen Zellen. Drei Wochen nach der Ausfaat find erft wenige Zellen angelegt. Erft bei jährigen Pflänzchen fand Hofmeister für J. bicuspidata den vegetativen Körper als einen flachen Stamm; zwei Zellenlagen breit, 20—30 Zellenlagen lang mit deutlicher Scheitelzelle und den erften rudimentären Blättern, welche in akropetaler Folge aus den Segmenten entftehen. Aus den Randzellen entfpringen die Wurzelhaare.

Die Vorgänge am Scheitel find weniger genau unterfucht wie für die Laubmoofe; fie find infofern complicirter, als bei den Jungermannieen zweierlei Blätter fich differenziren, die der Ober- und Unterfeite und die Nebenblätter. Soweit die Unterfuchungen reichen (f. Hofmeister, a. a. O.) entftehen die Blätter jedenfalls in akropetaler und cyclifcher (fpiraliger) Folge und differenziren fich durch das Wachsthum einer Scheitelzelle aus

den Randzellen, welche durch ihre Theilungen den Breitenwuchs des Blattes veranlaſſen, entſteht die wenigzellige Ausſtülpung von Zungenform, dieſe iſt das Nebenblatt, welches den Stamm umfaßt, das Hauptoberblatt der Frullania dilatata iſt breit elliptiſch. Die Unterblätter derſelben hier in Betracht gezogenen Art ſind kleiner, zweitheilig geſpalten, jeder Lappen zugeſpitzt. In dem erſten Anlagezuſtand ſind alle Blätter gleich (experimentell müßte durch Umlegen der Raſen in der Cultur beſtimmt werden, welches äußere Agens, Licht oder Schwerkraft, die Differenzirung der Ober- und Unterſeite bewirkt). Die Geſchlechtsapparate entſtehen in der Region der Blätter und Seitenzweige, welche ſich noch im Knoſpenzuſtande befinden. In keinem Falle ſind ihre Initialen, ſoweit die Unterſuchungen reichen, auf die nächſten Segmente der Scheitelzelle zurückzuführen.

Die beblätterten Jungermannieen ſind durch eine Reihe von Uebergangsformen, z. B. Diplolæna, Foſſombronia und vor Allem durch die zwei Reihen von Blättchen auf der Unterſeite des flachen Stammes tragende Blaſia puſilla mit den blattloſen verbunden. In unſerem Florengebiet werden ſieben Familien unterſchieden:

I. Ptilidieae. Dieſe Familie zeigt gefiederte Blätter, deren Entwicklung urſprünglich auf eine Scheitelzelle zurückgeführt werden kann. Die Randzellen höherer Ordnung aber entwickeln ſich zu Fiedern einfachſten Baues. Die Stämme bilden flache Raſen, bis zu drei und vier Ordnungen verzweigt. Die Kapſeln ſtehen an letzten Auszweigungen vierklappig, die Elateren mit zwei Schraubenbändern. — Zwei Gattungen: Ptilidium, Nees; Trichocolea, Dumort.

II. Jubuleae. Die Stämme wachſen in flachen, wenig verzweigten Raſen. Die Blätter abgerundet, nach oben gewölbt, oberſchlächtig, ganzrandig, geöhrelt, Nebenblätter. Die Kapſeln an kurzen Seitenzweiglein öffnen ſich mit vier Klappen; die Elateren beſitzen nur ein Schraubenband. — Zwei Gattungen: Lejeunia, Gottsche; und Frullania, Raddi. Zum Theil baumbewohnend.

III. Platyphylleae. Der Stamm wächſt auf der Rinde der Bäume in flachen, feſtanhaftenden Raſen, welche bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt ſind. Die Blätter alle in die Ebene der Anheftung gekämmt, ganzrandig, oberſchlächtig, mit grünem oder bräunlichem Pigment. Die Kapſeln in den vegetativen Zweigen in der Nähe der Spitze oder am Perichätialzweiglein öffnen ſich mit vier bis acht Klappen. Die Elateren enthalten zwei Spiralen. — Madotheca, Dumort; Radula, Nees.

IV. Trichomanoideae. Bei dieſen Lebermooſen bilden ſich aus den vegetativen Seitenzweigen, indem der Stamm dieſer ſich ſtreckt, fadenförmige Ausläufer und indem er allmälig ſich zuſpitzt, haarfeine, mit allmälig kleiner werdenden Blättern beſetzte Kurztriebe. Die fertilen Aeſte ſind breitblätterig, bilden wenig verzweigte, lockere, erdbewohnende Raſen. Die Blätter ſind oberſchlächtig, dreitheilig oder vielzähnig, mehr oder weniger tief ausgeſchnitten. Die Kapſeln entſtehen an Seitenzweigen auf der Unterſeite der fertilen Aeſte und ſpringen mit zwei bis vier Klappen auf. Die Elateren enthalten zwei Spiralen. — Maſtigobryum, Nees; Lepidozia, Nees; Calypogeya, Raddi.

V. Geocalyceae. Kleine, Ackererde bewohnende, kriechende, wenig verzweigte Raſen. Die Blätter ſind rund, zweizähnig, unterſchlächtig. Die Kapſeln in einem der

unteren Seite der Stämme entfproffenden Fruchtaft mit großem, trichterfömigem Perichætium eingefenkt. — Geocalyx, NEES.

VI. Gymnomitria. Die Stämme wachfen in lockeren, flachen Polftern oder Rafen, bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt. Die Blätter find unterfchlächtig, zweizähnig, mit Nebenblättern. Das Perichætium ift rudimentär. Kapfeln in der Nähe des Scheitels des tragenden Zweiges. — Alicularia, Sarcoscyphus, CORDA.

VII. Jungermannien. In diefer formenreichen Familie find die Stämme zwei- oder dreizellig beblättert, dichte oder lockere Rafen bildend, bei gleichwohl geringer Ordnungszahl. Die Blätter find unterfchlächtig, ganzrandig oder gefpalten, mit Nebenblättern, welche felbft wiederum gefpalten, zwei- bis dreilappig find. Die Kapfeln in der Nähe des Scheitels der Aefte oder Zweige vierfpaltig. Die Elateren meift mit zwei Schraubenbändern. — Lophocolea, Liochlæna, Sphanœcetis, NEES; Chiloscyphus, CORDA; Jungermannia, L.

b) Laubmoofe.

Entwicklungsgefchichtlich ift für die Laubmoofe im Gegenfatz zu den unter *a* befchriebenen Vorgängen in erfter Linie diefer für die höheren Formen allgemeine Zug in Betracht zu ziehen: der gefchlechtliche Act bei der Befruchtung des Archegonium erftreckt fich auf die Theile desfelben, welche durch die heranwachfende Kapfelanlage durch Zerreißen getrennt werden, viel intenfiver. Die Calyptra mindeftens erhält bei vielen eine ganz auffällige Weiterbildung, fo z. B. bei Polytrichum, Encalypta Orthotrichum. Auch in der Form, welche durch das Zerreißen hergeftellt wird, herrfcht eine größere Mannigfaltigkeit von der cylindrifch glockenförmigen Hülle bis zum fchiefen, die Kapfel nur einfeitig bedeckenden Mützchen bei Dicranum.

In ganz anderem Sinne macht fich der Nebeneffect des fexuellen Actes hier noch geltend. Es können drei Stufen hier unterfchieden werden:

1⁰ die Fruchtanlage entwickelt fich zur reifen Kapfel ohne weitere Differenzirung, als bis zur Bildung der doppelten Wand des Sporangium, der Columella und der fporenerzeugenden Schicht. Das Archegonium zerreißt nicht, folgt alfo der fehr beträchtlichen Volumvergrößerung der Fruchtanlage, dieß kommt bei Ephemerum vor;

2⁰ das Archegonium wächft bis zur Differenzirung der Initialgewebe für die Kapfel, zerreißt lange vor der Ausbildung der Kapfel; die Calyptra entwickelt fich weiter, bedeckt im Beginn den Scheitel der Seta. Diefer Modus wird von einer großen Anzahl der höheren Moofe eingehalten;

3⁰ die Seta bleibt verkürzt, rudimentär. Dagegen wirkt die Befruchtung auf den Scheitel des Zweiges zurück, welcher das befruchtete Archegonium trägt. Diefer entwickelt fich zu einem blattlofen, cylindrifchen, am Ende durch die Wucherung des Kapfelfußes mehr oder weniger angefchwollenen Körper von bis 3—4 cm Länge (das Pseudopodium). Hierhin gehören drei Gattungen, welche fonft ganz geringen genetifchen Anfchluß

haben: Andræa, Sphagnum und Splachnum. — Die Perichätialblätter der Laubmooſe ſind getrennt und gegenüber den Laubblättern ſchwächer entwickelt.

I. Entwicklung der Kapſel bei den Jungermannien und Laubmooſen.

Das Archegonium der Laubmooſe unterſcheidet ſich im Allgemeinen von demjenigen der Lebermooſe durch einen langen Halscanal.

Das Antheridium iſt bei den beblätterten Lebermooſen meiſt ein ſphäriſcher Körper, welcher durch die Theilung der Baſalzellen an einem Stiele ſitzt, welcher oft die Länge des Antheridium überwiegt. Dieſe Form geht mit bis zu den Sphagnen.

Die Antheridien der Laubmooſe ſind im Allgemeinen ſpindelförmig oder ellipſoidiſch, ſitzend oder an dem verſchmälerten Baſalende wenig geſtielt.

Die Geſchlechtsorgane der Laubmooſe beeinfluſſen den Scheitel des tragenden Sproſſes mehr oder weniger vollſtändig derart, daß der Vegetationspunkt desſelben eingeht, wiewohl die Archegoniumanlage immer auf eine ſeitliche Haarauszweigung zurückgeführt werden kann. Bei den Polytrichen aber bleibt derſelbe thätig und durchwächſt den Perichätialkreis nach der Befruchtung, mindeſtens bei den männlichen Pflanzen.

Was die gröberen Verhältniſſe der Gliederung in der Kapſel angeht, ſo machen ſich dieſe Züge geltend: die Kapſel der Jungermannien beſitzt nur eine einfache Außenwand, und ſtatt eines maſſiven axilen Gewebeſtranges, der Columella, entſtehen die dort ſpäter iſolirten Spiralzellen (Elateren). Bei allen Laubmooskapſeln, auch den der niedriggegliederten (z. B. Archidium, Ephemerum, Phascum), iſt die Kapſel von zwei Mänteln umgrenzt, und eine centrale Säule, Columella, bleibt mindeſtens bis zur Sporenbildung erhalten. Nach der Ausbildung der Kapſel wird das Syſtem eingetheilt:

I. Schizocarpi.	II. Cleistocarpi.	III. Stegocarpi.
Spaltfrüchtler. Die Kapſel öffnet ſich durch Längsſpalten. Anſchluß an die Lebermooſe: Andræa.	Die Kapſel bleibt geſchloſſen. Ein Deckel oder Klappenapparat wird nicht differenzirt: Phascaceen, Pleuridiaceen.	Deckelfrüchtler. Die Kapſel öffnet ſich zur Zeit der Sporenreife mit einem Deckel (Operculum).

Für die Entwicklungsgeſchichte wählen wir den Typus der Stegocarpi. Es iſt alsdann in dieſer mindeſtens die Entwicklung der Cleistocarpi enthalten.

Die Segmentirung in der heranwachſenden Fruchtanlage läßt ſich von dem Scheitel durch den ganzen Fruchtkörper leicht erkennen. Die Kapſel differenzirt ſich ſpät von der Seta. In ihr herrſcht die Viertheilung. Ur-

ſprünglich läßt ſich die Kapſel von mehreren zweizellig geordneten Segmenten herleiten. Dieſe theilen ſich durch eine Reihe von Wänden, welche in radialer und tangentialer Richtung eingeſchaltet werden, ſo daß bald ein Rotationskörper entſteht, deſſen Querſchnitt namentlich in dem oberen Theil durch ganz regelmäßige Einſchaltung neuer Zellenwände in der Progreſſion 4, 8, 16, 32, 64 u. ſ. f. wächſt.

Die Differenzirung ſchreitet nun in dieſem Sinne fort: der obere Theil des Rotationskörpers, ein flacherer oder ſteilerer Kegel, unterſcheidet ſich

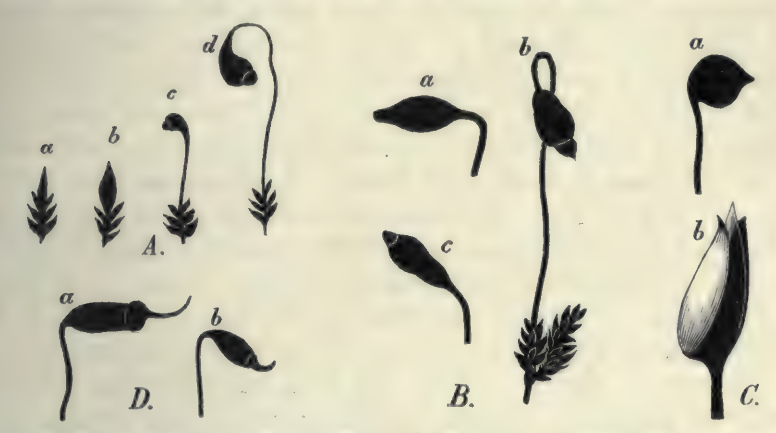


Fig. 121. Verſchiedene Entwicklungszuſtände der Laubmooskapſel. *A.* Entwicklungsreihe von Funaria hygrometrica. *B* Bryum nutans. *C a* Batramia pomiformis, *b* Buxbaumia aphylla. *D* Dicranum scoparium.

von dem unteren Theil durch eine frühzeitig differenzirte Ringzone, in welcher ſpäter der Riß erfolgt, durch welchen die Kapſel geöffnet wird. Die Kapſel differenzirt ſich in ein Exosporangium und das Endosporangium; das erſtere iſt ein Zellenhohlkörper, in deſſen Baſis das Endosporangium befeſtigt iſt. Dieſes iſt wiederum gegliedert in die äußere Wand von Zellen, ſodann folgt die ſporenerzeugende Zellſchicht und dann die Columella, eine centrale Säule von indifferenten vegetativen Zellen. Das Endosporangium iſt bei den höheren Moosformen von der Wand des Exosporangium durch einen großen Intercellularraum getrennt, durch welchen zahlreiche Zellengliederfäden verlaufen (die Zellen dieſer führen Chlorophyll), welche die Wände der beiden Sporenſäcke verbinden. Dieſer Raum iſt wenig ausgebildet bei den Cleiſtocarpen, welche die untere Stufe der Entwicklung darſtellen, bei dieſen fehlt ebenfalls die vorerwähnte Ringzone und die weitere Differenzirung im Innern des Deckels. Die Kapſel iſt mit der Bildung der Sporen in ihrer Entwicklung abgeſchloſſen. Hier ſind zwei Unterſtufen zu erkennen:

A. die Columella bleibt erhalten: Ephemerum, Phascum;

B. die Columella wird vor der Sporenreife reſorbirt: Archidium.

In der oberen Stufe der Entwicklung bei den Stegocarpen (Deckelfrüchtlern) wird jenſeits der Ringzone, in welcher ſich der Deckel ablöſt, der Deckel und das Diaphragma differenzirt. Um dieſen Vorgang zu erſchließen, fertigt man an den großen halbreifen Kapſeln von Dicranum, Bryum, Mnium, Funaria am beſten Quer- und Längsſchnitte durch den Deckel und die ganze Frucht.

Wir betrachten zunächſt den Längsſchnitt. Innerhalb der erſten oder zweiten Zellenlage verdicken ſich zwei mehr am Rande liegende Zellreihen in außerordentlich geſetzmäßiger Weiſe an einer Wand. Dieſe Zellſtoffleiſten verſchmälern ſich nach der Spitze des Deckels, entſprechend dem allmäligen Kleinerwerden der Zellen. Dies iſt die Anlage des einfachen Periſtoms (Mündungsbeſatz); erſtreckt ſich die Verdickung auch auf die entgegengeſetzte Wand, ſo entſteht das doppelte Periſtom (man unterſcheidet das innere und äußere Periſtom). Dieſelbe Anordnung erſcheint im Querſchnitt; hier erkennt man eine Ringzone von 4, 8, 16, 32, 64 Zellen, je nach den verſchiedenen Gattungen, in welchen die Verdickung gebildet wird. Die Zellſtoffleiſten bilden zuſammen einen Kegel. Alle Gewebe und Zellenplatten zwiſchen dieſen Leiſten werden vor der vollendeten Reife der Kapſel reſorbirt. Die 4, 8, 16, 32 u. ſ. f. Zellſtoffleiſten trennen ſich zu ebenſoviel Zähnen, welche, nachdem der Deckel abgeſprungen iſt, an der Mündung der Kapſel hervorragen. Bei einigen Gattungen befindet ſich in der Rißſtelle von Kapſel und Deckel ein Ring von elaſtiſchen, ſtark verdickten Zellen. Das Aufſpringen der Kapſel wird durch Spannung ungleich ſtark austrocknender elaſtiſcher Gewebe erreicht (ſ. Bd. I., S. 299).

Die Zähne des Periſtom ſind hygroſkopiſch, ſie krümmen ſich nach der Axe der Kapſel zu im trocknen Zuſtande und ſtrecken ſich im naſſen.

Bei einigen Moosfrüchten iſt die Mündung, nachdem der Deckel abgeworfen iſt, durch eine Gewebeplatte, das Diaphragma, geſchloſſen, z. B. Polytrichum; auch dieſe wird endlich abgeworfen, ſo daß die Sporen ausgeſtreut werden können.

II. Nebenorgane und Nebenwirkung der Befruchtung.

Zu den Nebenorganen gehören die Paraphyſen, deren Bedeutung nicht bekannt iſt. Sie ſind gegliederte Zellenketten, welche als Haargebilde in der Nähe der Archegonien entſtehen. In der Herkunft ſind ſie daher nahe Verwandte der urſprünglichen Oberflächenzellen, aus welchen die Archegonien entſtanden ſind. Als Nebeneffect muß die Ausbildung der vegetativen Blätter angeſehen werden, welche im Scheitel des geſchloſſenen Zweiges vor der Befruchtung angelegt waren, nach der Befruchtung in der Gliederung und Textur von den Laubblättern abweichen und als Perichætium bezeichnet werden. Sodann aber iſt die Ausbildung der Vaginula und Calyptra,

jener beiden Bruchftücke des Archegonium, als ein Nebeneffect anzufehen, fowie auch die Anfchwellung der Fruchtzweige, die Ausbildung der Pfeudopodien bei Sphagnum und Splachnum hierher zu rechnen find.

c) Keimung der Laubmoofe (man vergl. oben S. 100 und Fig. 45).

Die Keimung der Moosfporen führt zunächft zur Bildung eines algenähnlichen Körpers. Bei allen unterfuchten Moofen, mit Ausnahme von Sphagnum, wo ein flächenförmiger Vorkeim aus der Spore *s*, Fig. 122, gebildet wird, ift das Protonema nach dem Typus der verzweigten Cylinderketten gebaut. Dasfelbe documentirt einen auffälligen Rückfchlag nach dem Algenftamm.

Die Keimung der für alle Moofe einzelligen Sporen erfolgt wenige Tage nach der Ausfaat. In der künftlichen Cultur fät man die Sporen am beften in kleinen Behältern, welche mit Filtrirpapier ausgelegt find, aus. Diefe werden befeuchtet und in einem kleinen Treibhaufe aufgeftellt.

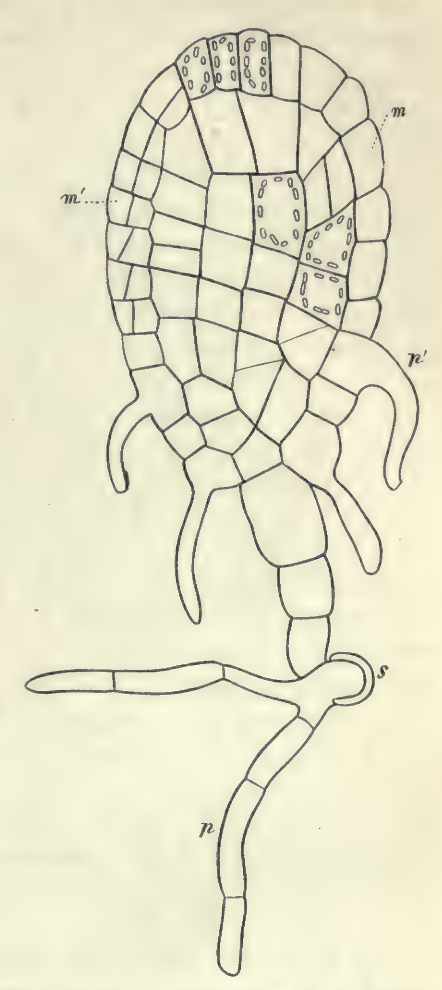


Fig. 122. Protonema von Sphagnum cymbifolium. *s* das Exosporium, von ihm aus entfpringt zunächft ein Zellengliederfaden von drei Zellen, ehe die Verbreiterung des Lagers durch Zelltheilungen in der Fläche erfolgte, *p p'* Wurzelfäden, *m m'* auffällige Randzone. Die Chlorophyllkörner find für einige Zellen angedeutet.

Das Exosporium wird zunächft durch das wachfende Endosporium zerriffen. Das letztere bildet einen cylindrifchen Zellenfaden mit Chlorophyllkörnern, welcher fich verzweigt, *pt* Fig. 123. An den Seitenzweiglein entftehen die beblätterten Pflanzen durch vegetative Theilung einer Zweigpapille, welche fich durch eine Querwand von dem tragenden Aft abgegliedert hat. In diefer fphärifchen Zelle wird durch wechfelnd nach rechts und links oder nach drei Seiten geneigte Wände bald eine Scheitelzelle gebildet, welche nun fo functionirt wie die Scheitelzelle im Moosftamm (f. oben S. 208). Die Protonemen der höheren Moofe find nach der Anlegung der beblätterten Pflänzchen bald vergänglich. Bei Ephemerum dauern fie ein Jahr aus und

werden noch in Verbindung mit der halbreifen Kapſel angetroffen. An dem Protonema, Fig. 123, ſind drei Moospflänzchen entwickelt, zwei männliche *m m'* und ein weibliches *f*. Eine eingehende Unterſuchung über die Sporen- und Zweigvorkeimung verdanken wir MÜLLER (Thurgau)[1]. Die Reſultate derſelben ſind hier zuſammengeſtellt:



FIG. 123. Ephemerum serratum (Laubmooſe). *pt* Protonema-Aſt mit Auszweigungen bis zur vierten Ordnung, die unteren Zweiglein erſter Ordnung ſind beblätterte Moospflänzchen, *f* das weibliche, *m* zwei männliche, *anth* die Antheridien.

«1⁰ der Sporenvorkeim[1]) bereitet den complicirten Bau des Moosſtammes vor;

2⁰ die ausgebildete Pflanze kann wieder zur Bildung eines ſolchen vorbereitenden Gebildes zurückgreifen und die Zweigvorkeime hervorbringen;

3⁰ Sporenvorkeime und Zweigvorkeime ſind morphologiſch und phyſiologiſch gleichwerthig und zeigen ſowohl in ihrem anatomiſchen Bau als auch in ihren Verzweigungsverhältniſſen weſentliche Uebereinſtimmung mit dem Moosſtamm.

Eine Gliederzelle der Vorkeim-Hauptaxe entſpricht einem Segmente des Moosſtammes. Das Segment des Letzteren wölbt ſich nach außen zum Blattwulſt vor; dasſelbe thut auch das geſtreckte Segment des Vorkeims in ſeinem oberen Theil und bildet ſo die Papille (ſ. Fig. 45, S. 100). An beiden Orten tritt eine Längswand auf, hier die Papillarwand, dort die nach LEITGEB genannte Blattwand. Papillarwand und Blattwand haben dieſelbe Bedeutung. Sie theilen das vorgewölbte Segment in zwei Zellen, eine innere, die nachher zur Bildung der Hauptaxe beiträgt und keine weiteren Sproſ-

---

[1]) H. MÜLLER (Thurgau), Die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmooſe. Leipzig. Engelmann. 1874.

ſungen mehr hervorbringt, und eine äußere, welche die Tendenz hat, ein Blatt und einen Sproß zu bilden.

Die Baſilarwand theilt am Stamm die Außenzelle des Segments, am Vorkeim die Papille in zwei Zellen, in eine akroſkope α und eine baſiſkope β. Die Baſilarwand hat immer eine zur Papillarwand (Blattwand) mehr oder minder genau rechtwinklige Lage; im Moosſtamm trifft ſie auf dieſelbe, in den Vorkeimen kann dieß ebenfalls ſtattfinden, ſie kann hier aber auch, was wieder durch die Streckung der Glieder hervorgerufen wird, weiter nach oben rücken und dann die Papillarwand nicht mehr treffen.

Aber nicht nur ihrer Entſtehung nach ſind die Zellen α und β, Fig. 45, S. 100, den akroſkopen und baſiſkopen Außenzellen am Moosſtamme gleichwerthig, ſondern auch ihre Tendenzen entſprechen denjenigen der genannten Zellen vollſtändig, d. h. die Zelle α kann ein Blatt oder einen Blattvertreter, die Zelle β unter Umſtänden einen Sproß erzeugen; und zwar entſtehen Sproſſe am Vorkeim ſo gut wie am Stamm nur aus dieſer Zelle;

4⁰ am Moosſtamm iſt die Bedeutung jeder einzelnen Zelle am Vegetationspunkt morphologiſch ſcharf ausgeſprochen, jede Außenzelle erzeugt in ihrem akroſkopen Theil ein Blatt und nach einer gewiſſen Zahl von Blättern wird der baſiſkope Theil einer Außenzelle zum Sproß. Viel unbeſtimmter und ſchwankender macht ſich dasſelbe Wachsthumsgeſetz am Protonema geltend. Hier kann die Außenzelle (Papille) des Segments, einmal gebildet, jedes weitere Wachsthum einſtellen, oder ſie macht nur den Anfang zu einem ſolchen, ſie theilt ſich in eine akroſkope und baſiſkope Zelle, oder die eine dieſer beiden allein bildet ſich weiter aus, es entſteht bloß ein Blattvertreter oder bloß ein Sproß, oder beide, Sproß und Blattvertreter werden erzeugt, oder endlich die Differenzirung unterbleibt ganz; die urſprüngliche Papille wächſt zwar rüſtig fort, aber ſie wird zu einer Brutknolle, in welcher Blatt und Sproß noch gar nicht differenzirt ſind.

Die Unſicherheit in der morphologiſchen Ausbildung geht ſo weit, daß, wie es ſcheint, ſelbſt zufällige äußere Verhältniſſe darauf hinwirken können, ob aus der primitiven Papille Sproß- und Blattgebilde, oder ob daraus eine Brutknolle entſtehen ſoll;

5⁰ es wird nach dem bisher ausführlich Mitgetheilten kaum noch nöthig ſein, darauf hinzuweiſen, daß die beſprochenen Vorkeime in der Entwicklungsgeſchichte der Laubmooſe dieſelbe Rolle ſpielen wie die von Pringsheim beſchriebenen Vorkeimbildungen in der Entwicklungsgeſchichte der Characeen, und daß es deshalb gerechtfertigt ſcheint, die von Pringsheim für die Characeen eingeführten Bezeichnungen Sporenvorkeime und Zweigvorkeime auch auf die entſprechenden Gebilde der Laubmooſe zu übertragen.

Wie die Sporenvorkeime der Characeen die Bildung des complicirter gebauten eigentlichen Charenſtammes vorbereiten, wie aus dem Charen-

ſtamm ſelbſt die Zweigvorkeime als vereinfachte Nachbildungen desſelben und zugleich als vegetative Propagationsorgane hervorgehen, ſo ſind auch die Sporenvorkeime der Laubmooſe vorbereitende Gebilde, an denen ſich

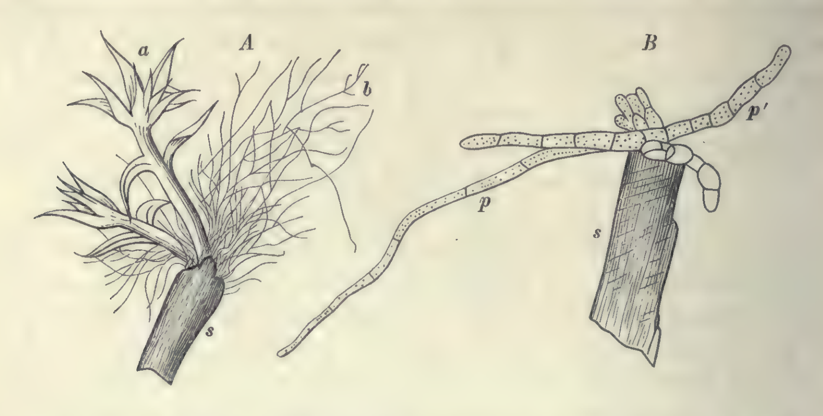


Fig. 124. Vorkeimwucherungen aus Abſchnitten der Seta in künſtlicher Cultur. *A* Sproſſung aus der Seta von Hypnum cupressiforme, *a* junge beblätterte Moospflanze, *b* protonemaartige Fäden. *B* ebenſolche von H. serpens, *p p'* die Protonemafäden. (Nach N. Pringsheim, Vegetative Sproſſungen der Moosfrüchte. Königl. Ak. der Wiſſ. Berlin 10. Juli 1876.)

das Wachsthumsgeſetz des Moosſtammes ſchon in ſeinen einfachſten Zügen geltend macht, und ſo ſinkt auch andererſeits wieder der Geſtaltungstrieb des Moosſtammes auf ſeine allereinfachſten und weſentlichen Momente zurück in der Bildung der Rhizoiden, die als Zweigvorkeime bezeichnet wurden».

Die Abſchnitte der Seta bringen in geeigneter Cultur ſelbſt wieder Protonemen und beblätterte Pflänzchen hervor, Fig. 124. Dieß iſt eine Verjüngung, welche um ſo merkwürdiger iſt, als in der freien Natur unter gewöhnlichen Umſtänden die Seta zu den ſterilen Gebilden gehört, an welchen keinerlei Sproſſungen beobachtet wurden. Die Seta trocknet dort ſehr bald ein.

Die Verjüngung und Propagation beſchränkt ſich bei den Mooſen nicht allein auf die im Sporogonium erzeugten Sporen, auf die Erzeugung der Zweigvorkeime, ſondern es werden aus Oberflächenzellen bei einigen Arten Brutknoſpen gebildet, ſo z. B. Tetraphis pellucida, Fig. 125. Die Ausſaat ſolcher mehrzelligen Brutknoſpen führt zur Bildung von Protonemafäden aus den Randzellen. Aus dem Protonema entſtehen in der angegebenen Weiſe die beblätterten Pflanzen. Wir erhalten im Geſammt für die ungeſchlechtliche Vermehrung der Mooſe:

I. aus Oberflächenzellen des Stammes entſteht im Vorkeim hieraus:

a) am Seitenzweig eine beblätterte Pflanze;

b) » » » Brutknolle, aus dieſer die beblätterte Pflanze;

II. an der vegetativen Pflanze entſtehen Brutknoſpen, aus dieſen nach der Ausſaat beblätterte Pflanzen.

II. Syſtematiſche Ueberſicht der Laubmooſe.

Die groben Züge der Syſtematik werden von den Bryologen, wie ſchon oben (S. 197) angedeutet, aus der Beſchaffenheit der reifen Kapſel und aus der Stellung derſelben am Zweigſyſtem hergeleitet:

I. Ordo: Schizocarpi; Spaltfrüchtler.

1. Familie: Andreæaceae.

Die Kapſel ſpaltet ſich in mehrere Klappen, ſie iſt kurz geſtielt, erhebt ſich auf einem Pſeudopodium. Hierdurch Anſchluß an die Jungermannien einerſeits, an Sphagnum andererſeits.

Einzige Gattung: Andreæa.

II. Ordo: Cleistocarpi; Schließfrüchtler.

1. Familie: Phascaceae.

2. Familie: Pleuridiaceae.

III. Ordo: Stegocarpi; Deckelfrüchtler.

I. Unterordnung: Akrocarpi.

Die Kapſel ſteht am Ende der Hauptaxe oder der herrſchenden Aeſte.

II. Unterordnung: Pleurocarpi.

Die Kapſel entſpringt aus der Achſel der Blätter an beſonderen Zweiglein.

III. Unterordnung: Entrophyllocarpi.

Die Kapſel entſpringt aus der Duplicatur der Blätter am Ende des Stammes oder der herrſchenden Aeſte.

Zur Orientirung vom entwicklungsgeſchichtlichen Standpunkte aus muß darauf aufmerkſam gemacht werden, daß die Unterabtheilungen im III. Ordo in dem Entwicklungsgang nicht begründet ſind.

Unter allen Umſtänden iſt nämlich die erſte Anlegung der Archegonien auf einen Ort zurückzuführen, welcher etwas tiefer liegt als der Vegetationspunkt des Stammes, beziehentlich Aſtes, in deſſen Scheitel die Kapſel zur Zeit der Reife angetroffen wird. Dadurch wird der Unterſchied zwiſchen Pleurocarpi und Akrocarpi hinfällig. In gleicher Weiſe iſt zu zeigen, daß bei den Entophyllocarpen die Archegonien auf mikroſkopiſch kleinen Axillarſproſſen oder doch auf den Stammtheilen der Segmente (ſ. oben S. 208) entſtehen. Je nach der Erſtarkung des vegetativen Stammes und der deutlicheren oder undeutlicheren Ausbildung der Axillarſproſſe, welche die Archegonien tragen, erhalten die gegebenen Formen mehr das äußere Anſehen von akrocarpen oder pleurocarpen Moosformen. Zu einer

beſonderen Claſſe findet man endlich noch die Sphagneen von den Mooſen abgegliedert. Auch dieß iſt im genetiſchen Sinne nicht gerechtfertigt. Als Vorwurf zu einer natürlichen ſyſtematiſchen Reihe möge dieſe Zuſammenſtellung angeſehen werden:

Habituszüge.

Die Habituszüge der Laubmooſe liegen in der Verzweigung des Stammes[1]). Derſelbe iſt meiſt bis zu geringer Ordnungszahl (ſ. weiter unten) verzweigt. Mit Kurztrieben verſehen oder ohne ſolche. Zahlreiche verzweigte Stämme wachſen in kreisförmigen Polſtern oder Raſen; in der erſten Form ſtehen alle Zweige und Aeſte ſenkrecht zur Polſterfläche. Im Raſen kann der Stamm lothrecht ſtehen, oder auf der Unterlage hinkriechen. Die wenig verzweigten kleineren (akrocarpen) Mooſe wachſen zum Theil in Colonien oder truppweiſe. Die Axillarknoſpen werden nur in geringer Anzahl ausgebildet. Die Stämme höchſtens bis zur 6.—8. Ordnung verzweigt; bis zu einer Ordnung bringen es nur die Phascaceen, Pleuridiaceen, aber auch zahlreiche Formen der Akrocarpen, während bei den Pleurocarpen die Ordnungszahl auf 6—8 ſteigen kann. Da die Aeſte oft die Stärke des Hauptſtammes erreichen, ſo kommt es zu Gabelſtellungen, obwohl ächte, in dem Scheitel entſpringende Dichotomieen bei den Mooſen bis jetzt nicht beobachtet ſind. — Bei einigen Hypnen herrſcht eine zierliche dendritiſche Zweigſtellung. Dicht ſtehende Seitenzweige kommen den Sphagneen zu.



Fig. 125. Tetraphis pellucida, Brutknoſpe. Die erſte Figur ſtellt das Ende eines beblätterten Stämmchens dar, in deſſen Spitzen ſich Brutknoſpen gebildet haben. Die zweite Figur iſt ein Durchſchnitt durch den Scheitel dieſes Stämmchens, darin ſind drei reife Brutknoſpen von der breiten, eine von der ſchmalen und mehrere junge Anlagen von Brutknoſpen verzeichnet.

Der Habitus der Mooſe wird nicht zum geringſten durch die Form- und Stellungsverhältniſſe der Blätter charakteriſtiſch. Die ſtrenge $^1/_2$ Stellung kommt nur bei einer geringen Anzahl von Arten vor, dagegen kämmen ſich die nach höheren Divergenzwerthen zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ ſtehenden Blätter in zwei Reihen bei zahlreichen Pleurocarpen. Ebenſo krümmen ſich Blätter und Zweigſpitzen hakenförmig. Das Blatt zahlreicher Formen legt ſich im trockenen Zuſtand dicht an den Stamm, im naſſen ſteht es mehr oder weniger ſparrig von demſelben ab. Die Roſettenſtellung herrſcht in

[1]) Die Polſter und Raſen, welche in kalkhaltigen Quellen oder an Kalkfelſen wachſen, an welchen ſie von Waſſer beſpült werden, welches doppeltkohlenſauren Kalk enthält, werden oft dicht mit kohlenſaurem Kalk inkruſtirt.

den männlichen Pflänzchen oder Zweigen, während die Perichätialblätter der weiblichen mehr die Neigung zu einem kegelförmigen Knofpenfchluß zeigen. Die Blätter find bei den Grimmien in vielen Formen mit einem langen Haarfortfatz aus der Spitze verfehen. Die Blätter find Saugblätter bei den Sphagneen und Leucobryum, wo durch die Poren tropfbares Waffer in fo großer Menge in dem Rafen capillar feftgehalten wird, daß dasfelbe auch in der trockenen Jahreszeit ausgepreßt werden kann. Da die Moosblätter mit ihrer dem Stengel zugekehrten Bafis befchattet find, kommt es in vielen Fällen vor, daß dort das Zellennetz chlorophylllos ift, während in den mittleren und näher am Scheitel belegenen Zellen das Chlorophyll reichlich ausgebildet ift. Andererfeits find die bafilaren Partieen des Gewebes meift lockerzellig gegenüber dem kleinzelligen Scheiteltheil. Ebenfo charakteriftifch ift das Verhalten der Seta; fie ift verkürzt, fo daß die Kapfel in das Perichætium eingefenkt erfcheint bei den Phascaceen, Pleuridiaceen, bei einigen Grimmien, Fontinalideen; gedreht oder ungedreht. Diefes Verhalten bildet conftante Arten- oder Gattungscharaktere. Die Seta ift aufrecht oder fo zurückgekrümmt, daß die Kapfelanlage in den beblätterten Rafen Schutz findet.

Die größte Mannigfaltigkeit zeigt der Theil des Archegonium, welcher zur Calyptra umgebildet wird. Diefe erreicht eine Größe von 5—6 mm bei den größeren Polytrichumformen, fie ift fchief abgefchnitten oder kegelförmig, lang gefchnäbelt oder kurz zugefpitzt, glockenförmig erweitert (Encalypta), die Kapfel mehr oder weniger umfchließend. Die Calyptra ift am Rande gefranft, aufwärts oder rückwärts behaart.

Das Periftom ift einfach oder doppelt, mehr oder weniger ftattlich entwickelt. Die Zähne find an der Bafis verwachfen oder frei, in zwei Theile gegabelt (Dicranaceen) oder einfach. Die gemeinfchaftliche Haut ift durchbrochen oder ganz. Im doppelten Periftom ift die äußere Zahnreihe ftattlicher entwickelt als die innere. Bei einer großen Anzahl von Periftomen läßt fich die Lagerung der Zellen, aus deren Verdickungen der Mündungsbefatz hervorgegangen ift, noch erkennen. Die Farbe der Zähne ift auffällig tiefroth bis blaßgelb.

Die Kapfel ift ein Cylinder, ein Ellipsoïd oder von Birnenform, nach der Seta mehr oder weniger zufammengezogen; der Deckel mehr oder weniger lang zugefpitzt, fchief oder gerade auffitzend; die Kapfel ift geneigt bis hängend oder gerade zygomorph fymmetrifch oder nach allen axilen Richtungen in zwei gleiche Hälften theilbar.

Systematische Uebersicht der Hauptformen.

1. Cleistocarpi.

Die Schließfrüchtler ftellen die niedere Stufe der Laubmoofe dar. Die Stämmchen find höchftens 1 mm lang, locker beblättert, einjährig, einfach oder felten bis zur erften

Ordnung verzweigt. Die Differenzirung in Deckel und Kapſel iſt hier nicht vorhanden. Die Columella wird bei Archidium ſchon während der Sporenreife reſorbirt; ſie bleibt erhalten bei Phascum und Ephemerum. Abgeſehen von geringfügigeren Unterſchieden der Arten laſſen ſich in der Entwicklung dieſe Züge für die Familien feſthalten:

1. Familie: Phascaceen. Sehr kleine, bis 1 mm große Pflanzen, welche in Colonien auf dem Protonema wachſen. Das Protonema bleibt erhalten bis zur Ausbildung der männlichen und weiblichen Pflänzchen: Ephemerum, HAMPE. Das Protonema dauert nicht bis zur Ausbildung der Geſchlechtspflänzchen: Phascum, L. Die Formen der Familie bewohnen feuchte, lichte Orte, Aecker und nicht beſetzte Waldflächen.

2. Familie: Pleuridiaceae. Ein- bis zweijährig. Mooſe wie vorher, wenig oder nicht verzweigt. Alle Formen ſind monöciſch. Das Protonema dauert nicht aus: Pleuridium, BRID.; Bruchia, C. MÜLLER.

2. Stegocarpi, Deckelfrüchtler.

A. Untere Stufe.

Die Kapſel entſteht unter der Scheitelzelle im Scheitel eines Zweiges oder auf dem Stammtheil des Segmentes, welcher dem Axillarſproß entſpricht (Akrocarpi der Autoren).

Tribus: Sphagnaceen. Dieſe Familie unterſcheidet ſich von allen höheren Formen durch den flachen, mehrfach verzweigten Vorkeim. Die beblätterten Pflanzen bilden reicher verzweigte, ſchlaffe Stämme mit dichter, ſpiraliger Beblätterung. Die Anzahl der Ordnungen ſchwankt indeß bei den einzelnen Torfmooſen in den weiteſten Grenzen, z. B.:

				Länge der Raſen.
Sphagnum	acutifolium	1—2	Ordnungen	16 ctm
»	cymbifolium	3—4	»	15 »
»	cuspidatum			12 »
»	squarrosum	4—5	Ordnungen	10 »
»	rigidum	5—6	»	12 »
»	obtusifolium	6—8	»	11 ».

Habitus und Wuchsform ſind je nach dem Wohnort veränderlich. Die Raſen ſind dicht, aber aus parallelwüchſigen Pflanzen zuſammengeſetzt. Die Seitenzweige ſtehen im Spiral, dicht beblättert, in Knäueln am Scheitel der tragenden Axen. Außer den dauernd wachsthumsfähigen Zweigen bilden ſich geſtreckte Triebe aus, in welchen der Vegetationspunkt eingegangen iſt. Der Stamm zeigt in ſeiner anatomiſchen Structur drei Schichten; auf die mittlere Markſchicht, aus geſtreckten, wenig verdickten Zellen, folgt ein geſchloſſener Hohlcylinder von ſtark verdickten und mit Poren verſehenen Spitzfaſerzellen und endlich die locker parenchymatiſche, mit der Baſis der Blätter in Verbindung ſtehende Rindenſchicht. Die Anatomie der Blätter iſt charakteriſtiſch, wurde oben als Beiſpiel für die Entwicklung des Moosblattes gewählt (ſ. S. 210).

In mittlerer Entwicklung findet man bei den Sphagnumblättern, Fig. 126, die ſpäter luftführenden Zellen *b* umgeben von vier chlorophyllführenden *c*.

Die Antheridien der Sphagnen entſtehen in der Achſel der Blätter. Sie ſind von der Baſalzelle aus geſtielt, elliptiſch oder kuglig, zeigen in der Form Anſchluß an die Antheridien der Jungermannien. Die Archegonien an demſelben Ort wie die Antheridien ſind flaſchenförmig. Monöciſche Formen ſind: Sph. acutifolium, cuspidatum, squarrosum. Diöciſche ſind: Sph. cymbifolium, molluscum, subsecundum.

Der befruchtete weibliche Zweig erhebt ſich nach einiger Zeit mit der eingeſenkten Kapſel *C* zu einem bis mehrere Centimeter langen, aus hyalinen, ſaftigen Zellen beſtehenden Pſeudopodium, Fig. 127. Die kurzgeſtielte, kuglige Kapſel entbehrt des Peristoms, öffnet ſich mit einem Deckel, bildet große tetraëdriſche, keimfähige Sporen, welche durch ein-

malige Viertheilung der Mutterzelle entftehen, und kleine fphärifche, deren Keimung bis jetzt nicht beobachtet wurde.

Die Sphagnaceen befitzen Anfchluß an die Gattung Leucobryum, welche eine ähnliche Structur im Laubblatte zeigt.

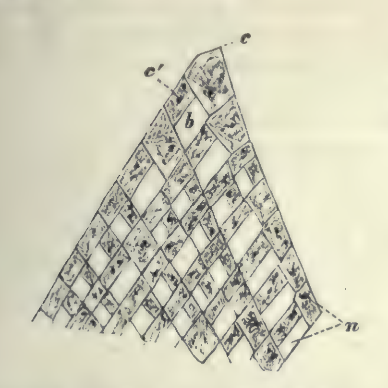


Fig. 126. Sphagnum cymbifolium. Blattparthie, die Differenzirung der oberen chlorophyllführenden *c c'* und der unteren luftführenden *b* Zellenräume zeigend.

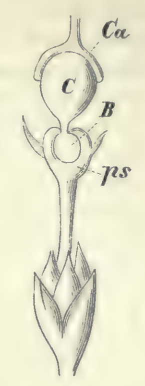


Fig. 127. Sphagnum acutifolium. *ps* Pfeudopodium, *B* Bafaltheil der Kapfel, *C* Kapfel, *Ca* Calyptra.

In der äußeren Form find die Sphagnen durch gefelliges Leben kenntlich, in Torfbrüchen, feuchten Stellen, bis in's Hochgebirg. Die Rafen find bleichgrün, die gefchlechtlichen Pflänzchen mit lebhaft rothen Zweigfpitzen. Farbe und Tracht find indeß je nach dem Wohnort veränderlich. Die mehrjährigen Stämme fterben von der Bafis nach der Spitze ab, bilden im abfterbenden Theil den Zuwachs des Torfmoores. Einzige Gattung Sphagnum mit zahlreichen Arten. Die Sphagnaceen find von Schimper in eine befondere Claffe untergebracht.

B. Mittlere Stufe.

Die Archegonien entftehen in der Nähe des Vegetationspunktes der Hauptaxe oder am Seitenzweig in der Nähe von deffen Scheitel (Akrocarpi der Autoren). Der Axentheil, welcher die Kapfeln trägt, ift aber nicht zu einem befonderen Perichätialzweig entwickelt. Die Kapfel ift daher fcheinbar endftändig.

I. Tribus: Funariodeae. Diefe Pflanzen find ein- oder zweijährig, mit kurzem, wenige Millimeter großem Stamm, welcher höchftens bis zur zweiten oder dritten Ordnung verzweigt ift. Die Blätter aber find breit, groß, elliptifch zugefpitzt, mit großen parenchymatifchen Zellen, lebhaft grün.

1. Familie: Funariaceen. Die breiten Blätter find gefägt, in Rofettenform am Stamme geordnet. Sämmtliche Pflanzen find monöcifch. Die Kapfeln bilden einen mehr oder weniger entwickelten Halsanfatz an der Bafis. Das Periftom ift rudimentär bei Pyramidula, Brid., und Physcomitrium, Brid., deutlich entwickelt bei Funaria, Schreb. Die Seta bei der Funaria hygrometrica tordirt gewunden im trockenen Zuftande. Sämmtliche Arten find erdebewohnend. Funaria liebt die Meilerftellen in Waldblößen.

2. Familie: Splachnaceen. Diefe in dichteren Rafen wachfenden Moofe befitzen wenig veräftelte Stämme. Die Formen find monöcifch oder diöcifch. Die Kapfel in dem großen Pfeudopodium mit großem Kropfanfatz und fehr kleinem Sporenraum. Periftom einfach. Die ftattlichften Formen bewohnen die arktifche Region, bei uns wenige Arten, welche Kuhdüngerflächen in der montanen und alpinen Region befiedeln, einzige Gattung Splachnum (Spaltöffnung an der Apophyfe?).

II. Tribus: Desmatodonteae. Auch in dieſem Formenkreis kommen wenig verzweigte, in lockeren Colonien, ſowie dichten und mehrere Centimeter großen Raſen wachſende, erde- und baumbewohnende Formen vor. Die Blätter bei einigen in zwei Reihen gekämmt.

1. Familie: Pottiaceen. Einfache oder einmal verzweigte kleine Stämmchen, in Herden wachſend. Blätter breit elliptiſch mit durchlaufender Mittelrippe. Antheridien in den Blattachſeln, Archegonien in roſettenartigen Knoſpen. Kapſel cylindriſch, ellipſoidiſch, regelmäßig. Periſtom fehlend oder einfach, 16 Zähne.

Pottia, Ehrh. Anacalypta, Röhling. Didymodon, Hedw.

2. Familie: Trichoſtomeen. Perennirende, in dichten Raſen oder Polſtern erde- und baumbewohnende Mooſe. Das Blatt breit, elliptiſch oder lineal. Mittelrippe durchlaufend, bei einigen Formen an der Spitze austretend. Monöciſche, diöciſche und ſolche Arten, bei welchen Antheridien und Archegonien in einem Zweige vereinigt ſind. Das Periſtom beſteht aus 16 haarfeinen, bis zur Baſis zweiſpaltigen, gegliederten Zähnen.

Ein morphologiſch auffälliges Studienobject iſt Barbula. Bei dieſer Gattung iſt das Periſtom in einfacher oder doppelter Schraubenlinie oder ſelbſt in zwei gegenläufigen Schrauben um die Axe des Deckels gewunden:

Trichodon, Schimp. Trichostomum, Hedw. Barbula, Hedw.

3. Familie: Diſtichiaceen. Im Habitus durch die zweizeiligen, linealen Blätter charakteriſtiſch. Alle Formen monöciſch. Felsbewohner, in dichten Raſen, aus wenig verzweigten, haardünnen Stämmchen. Distichium, Bruch u. Schimp.

III. Tribus: Leucobryaceae. Einzige Familie Leucobryeae. Stämme in dichten, bis mehrere Fuß großen Polſtern von halbkugliger Geſtalt. Bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt. Die Blätter von ähnlicher anatomiſcher Beſchaffenheit wie bei Sphagnum. Mit dieſem hat die einzige im Gebiet wohnende Art auch im Wuchs Aehnlichkeit. Die Blätter ſind durch die Poren der Zellen geeignet, Waſſer raſch aufzunehmen. Von den Sphagnen unterſcheidet ſich Leucobryum durch die Kapſel, welche gekrümmt, cylindriſch, mit ſpitzem Deckel und Periſtom von 16 Zähnen verſehen iſt. Auch fehlt bei Leucobryum das Pſeudopodium. Einzige Art Leucobryum glaucum, Schimper; charakteriſtiſches Moos der Wälder.

IV. Tribus: Dicranoideae. Dieſe Mooſe ſind durch die gegabelten Zähne des Periſtoms charakteriſtiſch. Im Habitus ſind alle hierher gehörenden Pflanzen durch einfache Stämme, welche nur bis zur zweiten Ordnung gabeläſtig ſind, ausgezeichnet. Die Blätter ſind lineal- oder lanzettförmig, mit breiter Baſis und zwei intercalaren, mehr oder weniger ausgebildeten Flügeln an der Baſis verſehen. Aus den Internodien entſpringen gegliederte Rhizidien, Wurzelzellenfäden, an welchen die Zweigvorkeime entſtehen. Die Kapſel gekrümmt oder cylindriſch mit einfachem Periſtom (in einigen Arten fehlt dieſes), meiſt mit einem einfachen oder doppelten Ring.

Der Tribus zerfällt in drei Familien: Weiſſiaceen, Dicraneen, Seligeriaceen, ſämmtlich erde- oder felsbewohnend, oft in dichten Polſtern und Raſen; Systegium, Schimp.; Gymnostomum, Hedw.; Hymenostomum, Rob. Brown; Weissia, Hedw.; Seligeria, Bruch u. Sch.; Ceratodon, Dicranum u. a.

V. Tribus. Polytrichiaceen. Einzige Familie Polytricheen enthält perennirende, unverzweigte Mooſe von eigenthümlich ſtarrem Wuchſe. Die meiſt diöciſchen Formen wachſen in dichten Raſen und zwar die Geſchlechter meiſt gemeinſam (männliche und weibliche Raſen). Die männlichen mit roſettenförmiger Anordnung der endſtändigen Perichätialblätter. Die Antheridien ſtehen auf dem Axentheil des Segmentes in großer Anzahl. Die Perichätialblätter ſind zarter und roth gefärbt. Der Vegetationspunkt nimmt, nachdem die Antheridien entleert ſind, ſeine Thätigkeit wieder auf und bildet einen neuen Trieb, ſo daß man an der dichteren Stellung der von Jahr zu Jahr aufeinander folgenden

Perichätialkreife das Alter des unverzweigten Stammes ablefen kann. Auch die Archegonien ftehen in zur Blattinfertion parallelen Reihen auf dem Axentheil des Segmentes. Die Seta ift meift lang, geftreckt, ftarr. Die Kapfel cylindrifch oder vierkantig, aufrecht oder wenig geneigt. Die Calyptra bei den größeren Formen auffällig glockenförmig, behaart. 16 Periftomzähne; nach dem Hinfall des Deckels ift die Kapfel mit einem fpäter hinfälligen Häutchen (Diaphragma) bedeckt. Zu den intereffanteften Studienobjecten gehört das Blatt. Es ift ftengelumfaffend, mit breiter, aus mehreren Zellfchichten beftehender Rippe, deren Spur noch im Stamm als Fibrovafalrudiment kenntlich ift. Die Blattfläche entbehrt des Chlorophylls. Dasfelbe ift auf fenkrecht zur Bauchfeite des Blattes entftehende gegliederte Zellenlamellen befchränkt (vergl. Fig. 118).

Atrichum, Pal. de Beauv. Oligotrichum, de C. Polytrichum, L.

1. Familie: Tetraphideen. Einfache oder wenig äftige, in Rafen wachfende Stämmchen, die Blätter fchmal, lineal oder lanzettlich. Die aufrechte cylindrifche Kapfel mit einfachem, aus nur vier Zähnen zufammengefetztem Periftom.

Tetraphis, Hedwig. Tetradontium, Schwægr.

2. Familie: Encalypteen. Unverzweigte kleine Stämmchen mit elliptifchen, zugefpitzten Blättern in niederen, lockeren Rafen. Die Calyptra ift glockenförmig, fchließt die Kapfel als eine durchfcheinende, trockenhäutige Hülle ein. Hierdurch werden diefe zierlichen Moofe charakteriftifch.

VI. Tribus. Bryoideae. In diefen Tribus haben die Syftematiker vier Familien vereinigt, von welchen zwei, die Bryaceen und Mniaceen, einen näheren morphotifchen Anfchluß zeigen, während die beiden andern unter fich und mit der erften Gruppe eine geringere Aehnlichkeit aufweifen, es find die Bartramiaceen und Meesiaceen. Die Bryaceen bilden lockere oder dichtere Rafen. Die Stämmchen find wenig verzweigt, monöcifch oder diöcifch. Das Blatt befteht aus einer einzigen Zellfchicht aus parenchymatöfen Zellen. Die Blattrippe aus wenigen Zellenlagen bis zur Blattfpitze, oder vor der Spitze verfchwindend. Die Kapfel der Bryaceen ift auf aufrechter Seta umgebogen, ftark geneigt oder hängend, cylindrifch oder ein Ellipfoid. Das Periftom ift doppelt. Das äußere Periftom befteht aus 16 Zähnen, das innere ift meift an der Bafis der dünnhäutigen gegliederten Zähne in eine Membranplatte verwachfen.

Die Familie enthält die Gattung Bryum, Dill, mit den Untergattungen Phichostomum, Hornschuch, Pohlia, Hedw., Webera, Hedw., welche von einigen Autoren als felbftändige Gattungen angefehen werden.

Die Mniaceen bilden einfach oder mehrfach veräftelte Stämme in lockeren Rafen in einigen Arten mit gracilen, locker beblätterten, wurzelnden Ausläufern. Die Blätter ftehen cyclifch, kämmen fich aber an den horizontalen Stämmchen oft in zwei Längsreihen. Sie find groß, elliptifch bis kreisrund, am Rande gezahnt oder glatt. Das Zellennetz parenchymatifch, lebhaft grün, glänzend mit zierlichen Papillen. Die Antheridien-Stämme zeigen eine zierliche und auffällige Rofettenform der oberen Laub- und Perichätialblätter, die Archegonien tragenden dagegen einen knofpenförmigen Schluß. Die Kapfeln auf langer, aufrechter Seta hängen über, find eiförmig oder ellipfoidifch, groß mit ftumpf kegeligem Deckel. Das Periftom ift doppelt, das äußere 16 Zähne, das innere 16 fchmale Zähne, welche an der Bafis in die Haut verwachfen find; zwifchen den 16 Zähnen des inneren Periftoms befinden fich noch mehrere zarte, gegliederte Wimpern. Mnium, L. Aulacomnion, Schwægr. Diefe Moofe wachfen auf der Erde, an fchattigen Waldorten, einige auf Moorwiefen herrfchend, große Rafen bildend.

Die Meesiaceen bilden dichte, bis Fuß große Rafen, welche bei einigen Formen, Meesea tristicha z. B., Quadratmeter große Flächen an feuchten Standorten, Mooren, Gebirgsquellen, bedecken. Die Stämme find bis zur 2., 3. Ordnung verzweigt. Die Blätter

stehen nach $^1/_3$ oder höheren Werthen in der Blattstellungsreihe. Die Blätter sind schmal, lanzettlich oder lineal mit im Querschnitt halbkreisförmiger, auf dem Rücken des Blattes kielartig vorstehender Rippe. Die männlichen Stämmchen wie bei den Bryaceen mit Rosetten im Perichätialzweige. Die Geschlechter wachsen gesellig in Rasen. Die Kapsel auf langer Seta etwas geneigt, kuglig, in die Seta verschmälert. Das Peristom doppelt, ähnlich wie bei Mnium, durch die verschiedene Länge der innern und äußern Zähne unterschieden.

Limnobryum, RABENH. Paludella, EHRH. Meesia, HEDW.

Die Bartramieen schließen sich in der Wuchsform an die vorige Familie an. Die Kapsel auf langer Seta kuglig oder apfelförmig, aufrecht. Die schmal linealen, bei einigen Formen hakig gekrümmten Blätter besitzen beiderseits Papillen.

Einzige Gattung Bartramia, HEDW.

VII. Tribus. Buxbaumiaceen. Diese einzige Familie hat in der Form und im anatomischen Bau außerordentlich wenig Anschluß an alle übrigen Verwandtschaftskreise. In unserem Gebiete befinden sich zwei Gattungen, welche wiederum unter sich gar keine Aehnlichkeit in der Form besitzen:

Buxbaumia, HALLER. Außerordentlich kleine, isolirt stehende, unverzweigte Stämme mit wenigen rudimentären, rippenlosen Blättern. Die Kapsel ist mit ihrem Fuß in den, nach der Befruchtung anschwellenden Stamm eingesenkt (Fig. 119), auf dicker, bis 2 cm langer Seta aufrecht, elliptisch abgeplattet und nur durch eine Ebene symmetrisch theilbar, bilateral. Die eine Fläche ist stärker gewölbt, roth gefärbt, die andere flacher, grün gefärbt, mit schmaler Mündung. Peristom doppelt.

Diphyscium, MOHR. Dieses Moos wächst in Heerden oder kleinen schmutziggrünen Rasen auf dem Waldboden, oft zwischen andern flachrasigen Moosen eingestreut. Der Stamm ist 1 mm hoch, beblättert, ungetheilt. Die Blätter elliptisch, die Perichätialblätter mit langer Granne. Die Kapsel ist sitzend, blaßgrün, aufgeblasen 2—3 mm groß. Das Peristom doppelt, das äußere 16zähnig, das innere eine Membran, welche in 16 kielige Falten getheilt ist. Einzige durchaus im Habitus auffällige Art: D. foliosum, WEBER und MOHR.

Die Familie der Fissidenteae hat weder im Habitus noch in der Structur der Blätter directen Anschluß an die übrigen akrocarpen Moose. Der Stamm ist einfach oder wenig verzweigt, genau nach $^1/_2$ beblättert. Die Segmentirung an der zweischneidigen Scheitelzelle, s. Fig. 112, geschieht genau nach der Divergenz $^1/_2$. Das Blatt sitzt mit zwei breiten Flügeln reitend, den Stengel in der Duplicatur umfassend. Die beiden Flügel verlaufen nach oben in die Blattfläche. Die Archegonien und Antheridien entstehen auf dem Axentheil des Segmentes. Die Stämme sind monöcisch oder diöcisch. Die Kapseln symmetrisch auf langer Seta, mit schief abgeschnittener Haube, schief geschnäbeltem Deckel, der Ring fehlt. Das Peristom ist einfach, 16 gespaltene Zähne:

Conomitrium, MONTAGNE. Osmundula, RABENH. Fissidens, HEDW.

An die Fissidenteae schließen sich die Schistostegeae mit einer Gattung und Art an: Schistostega osmundacea, MOHR.

C. Obere Stufe der Form.

Der Uebergang von den vorstehend beschriebenen Formenkreisen geht durch den Tribus der Grimmiaceen nach den Neckeraceen und Hypnaceen. Er ist im Allgemeinen darin begründet, daß der Stamm perennirend, vielfach verzweigt ist und daß die Archegonien und Antheridien an Seitenzweiglein der letzten Ordnung angelegt werden. Diese Zweiglein beenden damit ihre Vegetation. (Hierher gehören außer den Grimmiaceen alle Pleurocarpi der Autoren.)

Der Tribus der Grimmiaceae zerfällt in drei Familien:

1⁰ Cinclidoteen. Im Waſſer fluthend, bis zur 4.—5. Ordnung verzweigt, cycliſch beblättert, ſchmutziggrün, diöciſch. Kapſel in dem Fruchtzweige kurzgeſtielt (eingeſenkt). Periſtom einfach. Haube kegelförmig: Cinclidotus, PAL. DE BEAUV. Bis 11—12 Zweigordnungen, 12 cm lange Stämme;

2⁰ Grimmieen. Verzweigte oder unächt dichotome Stämme, in Raſen und Polſtern, Mauern, Felſen, Erde, ſeltener baumbewohnend. Die Blätter ſtehen cycliſch, ſind länglich lanzettförmig mit ſtengelumfaſſender Baſis und mit einer kreisrunden, über die Blattſpitze mehr oder weniger vorſtehenden Granne. Die Kapſeln aufrecht, kurz geſtielt, eingeſenkt oder zurückgekämmt. Die Haube iſt mützenförmig, der Länge nach gefaltet, an der Rißſtelle buchtig gezahnt. Das Periſtom einfach, 16 Zähne. Einen 2—3reihigen Ring ſpaltet das Deckelchen ab (bei einigen fehlt das Periſtom).

Hedwigia, EHRH. Anodon, RABENH. Schistidium, BRID. Grimmia, EHRH. Racomitrium, BRIDEL. Racomitrium heterostichum, 6—7 Zweigordnungen;

3⁰ Orthotricheen. Zumeiſt baumbewohnende Mooſe, in lockeren Polſtern. Die Stämme mehrfach gabelig verzweigt. Die cycliſch geſtellten und nach allen Richtungen an dem aufrechten Stämmchen gleichmäßig vertheilten Blätter unterſcheiden die Familie von den Grimmieen, ſie ſind lanzettlich zugeſpitzt, mit ſtarker, ſelten über die Spitze vorſtehender Rippe. Das Zellennetz iſt parenchymatiſch, beſonders am Grunde aus größern rechteckigen Zellen zuſammengeſetzt. Die Haube glocken-, mützen-, oder kaputzenförmig, bei Orthotrichum mit aufwärts gerichteten Haaren. Das Periſtom einfach oder doppelt (bei einigen fehlend). Die Kapſel iſt aufrecht ellipſoidiſch, an mäßig langer Seta, 16 Zähne im Periſtom, Coscinodon, SPRENG. 8 Doppelzähne, Zygodon, HOOK u. TAYLOR. Amphoridium, SCHIMP. Periſtom einfach oder doppelt, Orthotrichum. Die Gattungen ſind zum Theil reich an Arten.

In der Reihe der eigentlichen Aſtmooſe (die Pleurocarpi der Autoren) ſind ſechs Tribus von den Syſtematikern aufgeſtellt. Der gemeinſame Zug liegt in der dendritiſchen, reichen Zweigbildung, in der Stellung der Geſchlechtsapparate an beſonderen kleinen Kurztrieben, in der Structur und Stellung der Blätter; dieſelben ſind, mit Ausnahme der Hookeriaceen, parenchymatiſch, aus langen, rhombiſchen oder ſpitzfaſerähnlichen, mit den Spitzen gegenſeitig verſchränkten Zellen zuſammengeſetzt. Nur die Blattflügel ſind lockerzellig, parenchymatiſch. Die Blattrippe iſt immer rudimentär. Die Weite-, Locker- oder Dichtmaſchigkeit des Blattgewebes kann nur durch Vergleichung zahlreicher Formen am Mikroſkop überſichtlich werden.

I. Tribus und Familie Fontinaleen. Bis über fußlange Waſſerbewohner in lockeren, fluthenden, langäſtigen Raſen. Die Blattſtellung iſt ſtreng 1/3 (ſ. Fig. 111). Die Blätter lockermaſchig, rippenlos, die jüngeren Blätter lebhaft-, die älteren ſchmutzig grün. Die Kapſel iſt kurzgeſtielt, eingeſenkt, mit doppeltem Periſtom. Der Ring fehlt. Fontinalis, DILL., antipyretica 4—5, squamosa 3—4 Zweigordnungen.

II. Tribus Neckeraceen. Vielfach verzweigte Land-, zum Theil Baumbewohner. Die Veräſtelung bis zur 5.—6. Ordnung Neckera crispa 3 Ordn., N. complanata 2—3 Ordn., N. curdipendula 5—6 Ordn., ſind baumbewohnend. Die flachen Blätter ſind an den der Unterlage angepreßten und kriechenden Stämmen zweizeilig gekämmt. Ebenſo ſind die Zweige nach 1/2 geordnet. Einige Arten bilden lange, locker beblätterte Ausläufer. Die Tracht wird hierdurch überaus charakteriſtiſch und zierlich. Die Blätter ſtehen in der Knoſpe nach 3/8 oder 5/13. Das Zellennetz iſt proſenchymatiſch, engmaſchig; zwei ſeitliche, lockerzellige Flügel an der Blattbaſis; die Rippe fehlt oder iſt rudimentär. Die Kapſel iſt aufrecht, cylindriſch, eingeſenkt oder mit langer Seta verſehen. Der Ring fehlt. Das Periſtom iſt doppelt. 16 derbere äußere Zähne; die inneren 16 an der Baſis in einer gemeinſamen Membran vereinigt: Neckera, HEDW., Homalia, BRIDEL.

III. Tribus. Hookeriaceen. Diese Familie enthält eine einzige Gattung im mitteldeutschen Gebiete: Hookeria lucens, SMITH (Pterygophyllum, BRID.).

Die großen, breitelliptischen, locker parenchymatischen Blätter in eine Ebene zweizeilig gekämmt. Die Stämme bis zur 4.—5. Ordnung verzweigt in flachen Rasen an Waldquellen hin und wieder; eine prächtige Moosform, durch die großen Blätter auffällig. Die Stämme sind monöcisch. Die Kapsel an langer Seta geneigt. Doppeltes Peristom, schief geschnäbelter Deckel.

IV. Tribus. Hypnaceen. In diesem Tribus haben die Bryologen Astmoose von verschiedenstem Wuchs und Habitus vereinigt. Es sind im mitteldeutschen Gebiete etwa 150 Arten, wenn der Tribus der Leskeaceen noch mit hierher gerechnet wird. Der gemeinsame Zug liegt in der cyclischen Beblätterung; nur einige horizontal wachsende Formen zeigen eine deutlich zweizeilige Kämmung. Die Verzweigung geht bis zur 12. Ordnung. Die niederen Rasenbildner bis 5—6 Ordnungen. Alle Formen sind perennirend, wachsen gesellig in flachen Rasen oder aus aufrechtstehenden Stämmen gebildeten Polstern an Bäumen, Dächern, Mauern, Felsen, auf dem Waldboden. Einige sind constante Wasserbewohner in Sümpfen und Mooren.

1. Familie. Leskeaceen. Unterscheiden sich im Wesen der Sache von den Hypnen nur durch die rundlich parenchymatischen Zellen des Blattnetzes und durch die etwas stärkere Rippe. Die Kapsel ist aufrecht cylindrisch, das Peristom doppelt; das äußere enthält 16 Zähne, das innere eine zarte Membrane mit rudimentären zarten Wimpern.

Leskea, HEDW. Anomodon, HOOKER u. TAYLOR. Pseudoleskea, BRUCH u. SCHIMPER. Thuidium, SCHIMP.

2. Familie. Hypneen. In Tracht und Verzweigung außerordentlich mannigfach. Gemeinsame Züge liegen in dem prosenchymatischen Zellennetz der Blätter. Die Kapseln an langer Seta aufrecht, cylindrisch oder gekrümmt; schief abgeschnittene geschnäbelte Calyptra; der Deckel lang zugespitzt. Das äußere Peristom enthält 16 derbere, das innere, an basilarer Haut entspringend, 16 schwächere Zähne, zwischen welchen abwechselnd 2—3 Wimperfortsätze der basilaren Membrane befindlich sind.

Pterigynandum, HEDW. Pterogonium, SWARTZ. Lescurea, SCHIMP. Climacium, WEBER u. MOHR. Pyllaisia, SCHIMP. Isothecium, BRID. Orthothecium, SCHIMP. Homalothecium, SCHIMP. Camptothecium, SCHIMP. Hypnum, L. u. a. m.

III. Stellung der Moose im System.

Im Wesen der Sache unterscheiden sich die Moose von den Charen im genetischen Sinne dadurch, daß die Archegonien nach ihrer Befruchtung ein complicirteres Sporogonium hervorbringen, während die Charen mit einem einfachen Oogonium abschließen. Nach den höheren Kryptogamen haben sie wenig Anschluß. Das einzige Anzeichen, daß die Fruchtanlage den Keim zu einem weiteren Formenkreis in sich trägt, ist das seltene Vorkommen von gabelig getheilten Fruchtanlagen mit zwei Scheitelzellen im frühen Entwicklungszustand. Durch die Bildung der Protonemen erlangen die Moose einen etwas größeren Anschluß an die Algen, von welchen sie sich indeß durch die akropetale Folge der Segmente, im Blatte durch die gesetzmäßige Stellung der Blätter nach $^1/_2$, $^1/_3$ u. s. f. unterscheiden. Uebergangsformen zwischen den Charen und Moosen, zwischen den Algen und Moosen sind bis jetzt nicht bekannt. Die Moose stellen eine später auf-

tretende Reihe von Defcendenten aus dem Algenftamme dar, und entfprechen einem Aft an dem Stammbaume, welcher, bezogen auf die höheren Formen der Gefäßpflanzen, früher von dem Stammbaume entfpringt, und welcher nicht in Verbindung fteht mit dem Aft, von welchem die Gefäßpflanzen entfpringen[1]).

---

[1]) LANTZIUS BENINGA, *De evolutione sporidiorum in capsulis muscorum. Dissertatio inauguralis in academia Georgia Augusta scripsit.* Beiträge zur Kenntniß des inneren Baues der ausgewachfenen Mooskapfel, insbefondere des Periftomes. 17. Bot. Ztg. 47. — SCHIMPER, *Bryologia europæa. Recherches sur les mousses.* — W. HOFMEISTER, Vergleichende Unterfuchungen über die höheren Kryptog. Leipzig 1851. Zufätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten Unterfuchungen der Entwicklung höherer Kryptogamen. PR. Jahrb. Bd. III. Seite 259. 1863. — P. G. LORENTZ, Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoofe. PR. Jahrb. Bd. VI. Seite 363. 1867—68. — M. WICHURA, Beiträge zur Phyfiologie der Laubmoofe. PR. Jahrb. Bd. II. Seite 193. 1860. — N. J. C. MÜLLER, Die Entwicklungsgefchichte der Kapfel von Ephemerum. PR. Jahrb. Bd. VI. Seite 237. 1867—68. — Dr. HERM. MÜLLER (Thurgau), Die Sporenkeime und Zweigvorkeime der Laubmoofe (Protonema und Rhizoiden). JUL. SACHS, Arb. d. bot. Inft. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. — E. STAHL, Ueber künftlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoofe. 689. Bot. Ztg. 76. — L. KNY, Beiträge zur Entwicklungsgefchichte der laubigen Lebermoofe. PR. Jahrb. Bd. IV. Seite 64. Ueber Bau und Entwicklung der Riccien. PR. Jahrb. Bd. V. S. 364. 1866—67. — H. LEITGEB, Bemerkungen über die Zeit der Aft- und Blattanlage im Axenfcheitel der Laubmoofe. 33. Ueber die Verzweigung der Lebermoofe. 557. Bot. Ztg. 71. Ueber endogene Sproßbildung bei Lebermoofen. 33. Bot. Ztg. 72. Zur Morphologie der Metzgeria furcata. Leykam-Jofefsthal. Graz 1872. — FELIX KIENITZ-GERLOFF, Beiträge zur Entwicklungsgefchichte des Lebermoos-Sporogoniums. Berlin. Guftav Lange. 1873. Ueber den genetifchen Zufammenhang der Moofe mit den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. 705. 721. Bot. Ztg. 76. Vergleichende Unterf. über die Entwicklungsgefch. des Lebermoos-Sporogoniums. Halle. Gebauer-Schwetfchke'fche Buchdruckerei. 1874, und Bot. Ztg. 74. Neue Beitr. zur Entwicklungsgefchichte des Lebermoos-Sporogoniums. 777. 793. Bot. Ztg. 75. — JOS. BERNH. JACK, Die Lebermoofe Badens. (S.-Ab. a. d. Ber. d. naturforfch. Gefellfch. zu Freiburg i. Br.) — H. RÖSE, Ueber die Moofe Thüringens. Bot. Ztg. 51. Ueber Mißbildung der Kapfel von Hypnum triquetrum. Bot. Ztg. 55. — MILDE, *Chamæceros fertilis,* neues Genus aus der Familie der Anthoceroten. Bot. Ztg. 56. Zur Kenntniß von Anthoceros und Blasia. Bot. Ztg. 51. — ITZIGSOHN, Geolog. Bedeutung der Laubmoosflora der erratifchen Blöcke. Bot. Ztg. 56. — SCHLIEPHAKE, Drei neue Fissidentae. Bot. Ztg. 56. — H. ZUKAL, Beitrag zur Kenntniß der Anatomie der Sphagnen. 353. Bot. Ztg. 63. — Dr. HERM. SCHACHT, Die Spermatozoiden im Pflanzenreich. Braunfchweig. Fr. Vieweg & Sohn. 1864. — Dr. ED. JANZEWSKY, Vergleichende Unterf. über die Entwicklungsgefchichte des Archegoniums. Bot. Ztg. 1872.

Dritte Abtheilung: Vollkommenere Anpaſſung an die climatiſche Periode. Auftreten der leitenden Gewebe und der Wurzel.

§ 16. Ueberblick der Gefässkryptogamen.

Alle höheren Kryptogamen, ſowie die gymnoſpermen und angioſpermen Phanerogamen ſind von den Mooſen dadurch unterſchieden, daß ſie ſtatt der Moosfrucht aus der Keimzelle eine beblätterte Pflanze entwickeln. Die Gefäßkryptogamen haben mit den Mooſen nur die zwei Züge gemein:

1⁰ Bildung der Spermatozoiden;

2⁰ Bildung der Keimzelle in einem Archegonium.

Betrachten wir zunächſt die höheren Kryptogamen ohne die Gymnoſpermen, ſo fällt uns ein Hauptzug auf: Die Geſchlechter werden nicht auf der beblätterten Generation ausgebildet, welche eine Periode in der Geſchlechtsreife zeigt, ſondern als Geſchlechtskeime (als Sporen) vor der Ausbildung der Geſchlechter von der beblätterten Generation abgeſtoßen. Hierin liegt der Zug, welcher die höheren Kryptogamen als Deſcendenten von Waſſerpflanzen kennzeichnet.

In der Spore liegt der Keim zu den Geſchlechtspflanzen. Die Befruchtung ſelbſt aber wird außerhalb der Blätterpflanze ausgeführt.

Nirgends tritt die adaptive Erhebung deutlicher zu Tage als in der Vergleichung der geſchlechtlichen Sporen der höheren Kryptogamen mit den Gymnoſpermen als den nächſten Deſcendenten und den Phanerogamen.

Während bei den Mooſen das Keimbläschen zunächſt in einen einfachen, ſpäter in einen immer complicirteren Kapſelapparat zerfiel, in welchem die letzten Zelldeſcendenten des Keimbläschens einzellige Sporen waren, die keimend zuerſt ein Algenlager und nach vielen Zellengenerationen erſt wieder Keimbläschen, Eizellen, hervorbringen, treten aus dem Keimbläschen der Gefäßkryptogamen plötzlich Blätterpflanzen auf, welche ſich mit der höchſten Gliederung an die Phanerogamen durch ihre Fibrovaſalmaſſen anſchließen.

Während das Keimbläschen der Moospflanze ein naher Defcendent der Blätterpflanze ift, ift das Keimbläschen der Gefäßkryptogamen ein entfernter Defcendent derfelben.

Man kann die Frage aufwerfen: war das Protonema der Moofe das erfte Gebilde, welches fich verfuchte, beblätterte Adventivfproffen zu bilden, oder war die beblätterte Moospflanze das erfte, welches im Laufe der Generationen in den Algentypus zurückfchlug?

Ebenfo kann man bei den Gefäßkryptogamen fragen: traten die gefchlechtlichen Prothallien oder die ungefchlechtliche Blätterpflanze zuerft auf?

Mehrere Charakterzüge weifen darauf hin, daß mit der allmäligen Entftehung feften Landes an unferem Planeten Gewohnheiten angenommen wurden, welche wir jetzt nur an Landpflanzen finden, und dahin gehört gerade die Bildung hoch gegliederter Auszweigungen, welche der climatifchen Periode folgen, die Blätter; wir können uns dadurch fchon eine Epoche unferer Erdgefchichte denken, wo die Prothallien der Gefäßkryptogamen ohne einen aus ihnen hervorgehenden Blätterftamm exiftirten, wo fie mit einem fporentragenden Fruchtkörper die Generation abfchloffen.

Liegt doch ficher in der Eizelle der Moofe die Neigung nach einem verzweigten Gebilde, welches jetzt nur in den feltenften Fällen ausgebildet wird, weil die vegetativen Glieder: Protonema, Laubfproß oder Lager der Moofe in dem Kampfe um's Dafein in dem Moosareal fiegreich, alfo genügend gut adaptirt find, weil jede weitere Formerhebung vielleicht für die Propagation nur fchädlich wäre.

Für die Annahme, daß die Gefchlechterbildung nicht von der beblätterten Pflanze abhänge, daß diefe letztere felbft eine Folge adaptiver Formerhebung mit dem Wachfen des Feftlandes fei, fpricht:

daß die den Gefchlechtskeim tragende Spore bei den verfchiedenen Formkreifen aus der verfchiedenften Verwandtfchaft zu der Keimzelle, d. h. von den verfchiedenften Theilen der beblätterten Pflanze ftammen kann:

a) die entferntefte Verwandtfchaft bei den Farrenkräutern, wo die Spore auf vegetativem Wege von dem Haare abftammt;

b) nähere Verwandtfchaft zu dem Keimbläschen aus dem Blatte bei den Phanerogamen, Ifoëteen, Selaginellen;

c) nächfte Verwandtfchaft aus dem Zweige bei den Equifeten und vielen Phanerogamen.

Man kann fich fehr wohl denken, wie allmälig die Keimzelle der Prothallien verfuchte, nach verfchiedenen Richtungen Fruchtftände mit Propagationszellen zu bilden, die bei hinreichender Productivität, Dauerhaftigkeit, dem Bedürfniß einer langen gefchlechtlichen Ruhe zu einer Anfammlung genügten; wie die Ausbildung lichtbedürftiger Flächengebilde zuerft rudimentär, fpäter mit dem größten Auffchwung der Form, die vortheilhaftefte

Adaption wurde; wie die Blätter als die formenreichſten Zweige vorzugsweiſe mit der Secretion der Keimzellen der Sporen betraut wurden.

War das Blatt als ein ſo naher Verwandter des Stammes einmal der Producent der geſchlechtertragenden Zelle, der Spore, ſo war die nächſte Erhebung nach der Anpaſſung der Feſtlandspflanzen die, daß auch in dem Blatte die Keimung der Geſchlechtszelle vor ſich ging, daß der Modus, die Geſchlechtskeime dem Waſſer zu übergeben, verloren ging, daß der Geſchlechtsſproß ein Stamm oder ein Gebilde wurde, an welchem ſich Blatt und Stamm betheiligten; ſo iſt die Makroſpore und das weibliche Prothallium, bis auf ein Rudiment bei den Coniferen, den Phanerogamen ganz verloren gegangen, die Mikroſpore aber iſt in dem Pollen erhalten geblieben, als eine Zelle, welche wie die Spore der Gefäßkryptogamen hinausgeſtoßen und in der Atmoſphäre verweht wird.

Bei einigen dimorphen Blüthen aber iſt auch dieſer Zug gänzlich verwiſcht worden. Die Mikroſpore, das Pollenkorn, keimt hier in der Blüthe, ohne das Blatt, ſeine Bildungsſtätte, zu verlaſſen (Viola odorata, Zwergblüthen).

Die Sexualität unterliegt alſo in ihren Hauptcharakteren der Anpaſſung in der Lebensweiſe der neuen Pflanze, ſei es in dem flüſſigen Element, ſei es auf dem Lande; die Formerhebung der beblätterten Stämme darf mithin als eine Folge der Erhebung des feſten Landes angeſehen werden.

Von dem Momente an, wo die Vermittlung der beiden Geſchlechtsmaſſen nicht mehr durch das Waſſer möglich war, mußte die Mikroſpore einen andern Modus der Bewegung nach der Keimzelle einſchlagen. Es geſchah dieß durch Rückſchlag in den Paraſitismus der Pilze, ſie bohrt jetzt die weibliche Pflanze an und durchwächſt ſie wie ein Mycelium oder ein Hauſtorium. Die Spermatozoiden ſind ſpurlos verſchwunden.

Es iſt von dem höchſten Intereſſe, daß dieſer Atavismus auch dem Keimbläschen der Phanerogamen in hohem Grade zukommt, auch dieſes führt gewiſſe Wanderungen aus, welche ganz das Gepräge paraſiter Zellen zeigen, indem es Schläuche bildet, welche den Embryoſack durchbrechen.

Mit der Erhebung des Sexualproceſſes in den Modus der Landpflanze geht das Anwachſen eines Hauptzuges parallel. Es iſt die Neigung zur Diöcie, die Neigung, die Geſchlechtszellen auf verſchiedenen Individuen (aus verſchiedenen Kreuzungspunkten) anzulegen. Es erreicht dieſer Zug mit der Erhebung der Form in den Bäumen ſeinen ſtrengſten Ausdruck. Bei den Salicineen, einigen Palmen, Myricaceen wird der Kreuzungspunkt der Form durch die Kreuzung ſtreng eingeſchlechtig.

Bei allen Phanerogamen ohne Ausnahme ſind die Geſchlechtszellen mindeſtens ſo ſtreng geſondert, daß ſie auf verſchiedenen Blättern entſtehen.

Diese Tendenz, die Geschlechter aus möglichst entfernter Blutsverwandtschaft zu bilden, ist schon bei den Gefäßkryptogamen ausgesprochen.

a) Isospore, monöcische.

Bei den Farren werden die Sporen von gleicher Gestalt an den Oberflächenzellen der Wedel abgeschieden in kugeligen Sporangien. Die Spore bildet, auf die Erde gefallen, ein flaches, mit einer oder mehreren Scheitelzellen wachsendes Lager, welches Wurzelhaare in die Erde sendet, durch das Chlorophyll seiner Zellen selbständig assimilirt, zuerst Antheridien (Protandrie) und dann Archegonien an verschiedenen Stellen aus Oberflächenzellen des Lagers bildet. Bei einigen ist das Prothallium streng eingeschlechtig, so daß in je einer Spore nur der Keim zu Antheridien oder nur zu Archegonien enthalten ist.

Die Antheridien bilden mehrere Spermatozoiden, welche bei der Geschlechtsreife entlassen werden. Sie dringen durch den Halscanal in das Archegonium. Das Archegonium entsteht ebenfalls aus einer Oberflächenzelle. Nach der Mischung der beiden Geschlechtsmassen differenzirt sich die Centralzelle zur Embryoanlage, welche zunächst durch zwei Wände in vier Zellen zerfällt. Dieß ist die Anlage der beblätterten Pflanze.

b) Isospore, diöcische.

Die Equisetenspore entspringt einem metamorphen Zweige, fällt zur Erde und bildet ein antheridientragendes Prothallium mit zahlreichen Spermatozoiden. Eine andere Spore bildet ebenso ein nur archegonientragendes Prothallium. Die Theilung der Centralzelle geschieht im Anfang wie bei den Farrenkräutern.

c) Heterospore.

Die Sporen werden in Blättern in besondern Sporangien oder in besondern Fruchtständen an der beblätterten Pflanze gebildet von ungleicher Größe.

Die Makrospore bis zur Größe eines Hirsenkornes ist streng weiblich.

Die Mikrospore von der Größe der Farrenspore ist streng männlich.

Die Makrospore bildet ein grünes Prothallium, Salvinia, oder ein ungefärbtes, Marsilea, Pilularia, und aus den Randzellen und einer Innenzelle das Archegonium, aus den Randzellen den Halscanal, aus der Innenzelle die Centralzelle. Die Mikrospore theilt sich ohne ein hervortretendes Mikroprothallium, Selaginella, oder es treten Gliederfäden hervor, Salvinia, Pilularia, deren Zellenglieder Mutterzellen für die Spermatozoiden sind.

§ 17. Vegetationspunkt von Stamm und Wurzel[1]).

Bis zu dem Formenkreis der Mooſe incluſive iſt nirgends die Erſcheinung bekannt, daß im Innern eines Gewebekörpers ein Zweig angelegt würde, welcher durch das Gewebe nach außen hervorwächſt, indem er dieſe zerſtört und durchbricht. Alle Neubildungen bei den Algen, Pilzen, Mooſen, ſoweit ſie vegetativer Art ſind (Volvabildung der Hutpilze Ausnahme), geſchehen aus der freien Oberfläche oder wenigſtens ſo, daß der Scheitel des neuen Zweiges unmittelbar nach der Anlegung an der Oberfläche liegt.

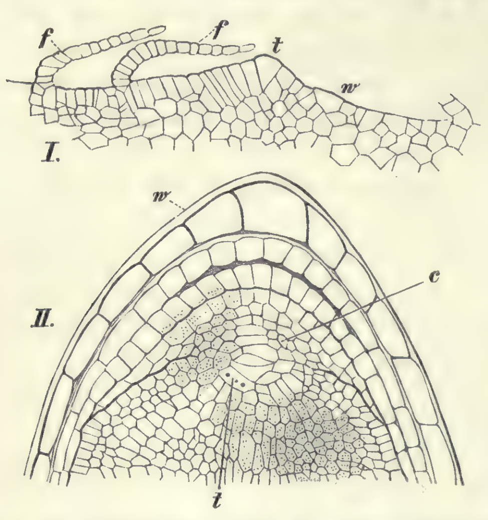


Fig. 128. Aspidium filix. *I* Scheitel des Stammes, *t* Scheitelzelle im Längsſchnitt, *f f* die Spreuſchuppen, *w* Blattanlage. *II* Längsſchnitt durch die Wurzelſpitze desſelben Farrenkrautes, bei *t* die Scheitelzelle, *c* die jüngeren Zellenlagen der Wurzelhaube, *w* die äußeren Zellenlagen derſelben (nach Hofmeister, Beiträge).

In den bewurzelten Formkreiſen der Equiſeten, Selaginellen, Lycopodiaceen, Farrenkräuter, Rhizocarpeen und Iſoëteen treten ſolche Auszweigungen zuerſt auf. Durch kein Rudiment iſt das Erſcheinen ſolcher Wurzeln bei den Mooſen angedeutet.

In keinem Theile des Pflanzenreiches iſt ein Uebergangsſchritt ſo plötzlich, wie der von den wurzelloſen zu den bewurzelten. In keinem Theile iſt die Divergenz des Charakters ſo groß und ſcharf umſchrieben, wie unter den vorigen Familien der ſogenannten Gefäßkryptogamen; in keinem andern Kreiſe aber iſt gleichwohl der genetiſche Zuſammenhang, die Blutsverwandtſchaft ſo augenſcheinlich in der Embryologie begründet.

Die Wurzel der höheren Pflanzen iſt, wenn nach der anatomiſchen Beſchaffenheit und dem Wachsthumsvorgang geurtheilt wird, ein umgewandeltes Stammgebilde, welchem mit Ausnahme der Lycopodiaceen, Iſoëteen und ihrer nächſten Verwandten die Fähigkeit abhanden gekommen iſt, ſich aus dem Vegetationspunkt zu verzweigen.

---

[1]) Alex. Braun. Betrachtungen über die Erſcheinungen der Verjüngung in der Natur, insbeſondere der Pflanze. Mit drei illuſtrirten Tafeln. 1851. Leipzig. W. Engelm.

Vergleichen wir z. B. den Scheitel von Stamm und Wurzeln bei den Farrenkräutern, Fig. 128, so finden wir im axilen Längsschnitt für den Stamm in *I*, Fig. 128, die Scheitelzelle *t*, an welcher nach drei Richtungen Segmente abgeschieden werden. In einiger Entfernung von dem Scheitel entstehen die Anlagen der Wedel *w* und der Spreuschuppen *ff*. Die Wedelanlage kann nicht direct auf die Segmente der Scheitelzelle zurückgeführt werden. Der jüngste Ort an dem Stamm ist und bleibt für alle Dauer der Vegetation die Scheitelzelle *t*, welche dementsprechend auch genau in dem geometrischen Scheitel des Stammes liegt. Die Segmentirung für die Flächenansicht ergibt sich aus den Scalpen, welche von dem Scheitel abgezogen werden, Fig. 129 *A B*. Die Segmentbildung ist durch nachträgliche Theilung bald verwischt. An dem Scheitel entstehen die Spreuschuppen aus den Oberflächenzellen von zweierlei Gestalt als Cylinderketten, also gegliederte Haare, und als flache moosblattähnliche Gebilde.

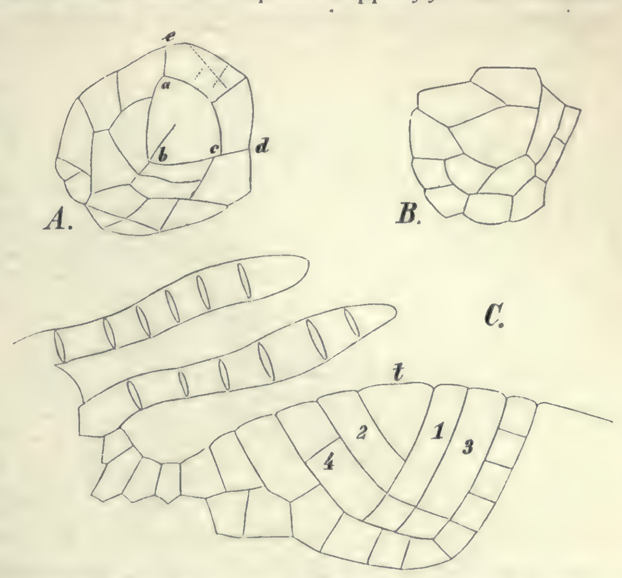


Fig. 129. Aspidium filix mas. *A*, *B* Scheitelzellgruppe nach der Photographie eines Scalp-Präparates. *A* Scheitelzellgruppe nach einem Photogramm, *a b c* die Scheitelzelle, *a c d e* die Gruppe von Zellen, welche auf das jüngste Segment zurückgeführt werden kann. *C* Längsschnitt durch dieselbe Knospe.

Die Theilungen an dem Scheitel der Farrenwurzel unterscheiden sich von dem Stammscheitel dadurch, daß die tetraëdrische Scheitelzelle *t*, Fig. 128 *II*, nach allen vier Seiten Segmente abscheidet. Drei davon, welche den Wänden in *1, 2, 3, 4*, Fig. 129 *C*, entsprechen, gehören dem Wurzelcylinder, dasjenige Segment aber, welches durch eine parallel der freien Außenfläche stehende Wand abgeschieden wird, bildet die Anlage zu einer Schale der Wurzelhaube *c*, Fig. 128 *II*, dasselbe theilt sich in dem Maß, wie die drei stammbildenden Segmente. So entstehen Schalen von paraboloidischer Form, welche die Wurzelspitze als Haube einhüllen. Die jüngste Schale von Zellen liegt in der Nähe der Scheitelzelle. Diese bewirkt somit durch ihre Theilungen, daß die Spitze der Wurzel nach zwei entgegengesetzten Richtungen einen Zuwachs erfährt. Das massive Paraboloid,

deſſen Spitze von der Scheitelzelle beherrſcht iſt, wächſt in akropetaler Richtung, die Wurzelhaube aber in der entgegengeſetzten. Die Schalen derſelben ſchülfern von außen nach innen ab in dem Maße, wie die Wurzelſpitze in der Erde vorrückt. Der Vegetationspunkt der Wurzel iſt und bleibt bedeckt und durch die älteren und derberen Zellenſchalen der Wurzelhaube geſchützt. Der Vegetationspunkt des Stammes liegt frei an der Atmoſphäre.

In dem Verwandtſchaftskreis der Gefäßkryptogamen kommt zwiſchen beiden Formen eine Mittelform vor, es iſt der dichotomiſch verzweigte unterirdiſche Stamm von Psilotum triquetrum, Fig. 130 *I*. Ein Durchſchnitt durch einen Aſt der dichotomen Endigungen zeigt die Scheitelzellen vv' mit der Segmentirung der Farrenwurzel. Die Wurzelhaube aber fehlt vollſtändig. Alle Zweige dieſer unterirdiſchen Stammgebilde entſtehen durch ächte Gabelung in der Nähe des Vegetationspunktes.

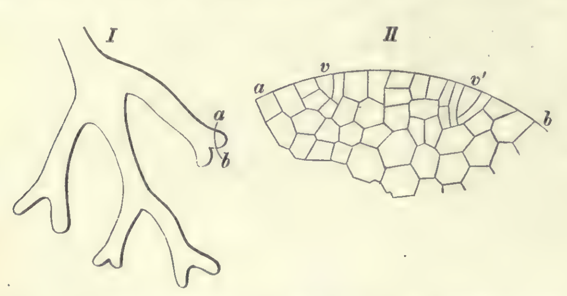


Fig. 130. Psilotum triquetrum. *I* kleine Parthie des dichotomen unterirdiſchen Stammes. *II* Scheitelgegend in der Region *a b* aus *I* ſtärker vergrößert, im Durchſchnitt, *v v'* die beiden Scheitelzellen der eben entſtehenden Gabeläſte vor der Gabelung, man erkennt in ihnen die Segmentirung durch wechſelnd nach zwei Richtungen geneigte Wände. Die Scheitelanſicht würde eine dreiſeitige Scheitelzelle zeigen.

---

§ 18. Auftreten der Hautgewebe.

Ein conſtanter Zug in der Gliederung der Blattorgane und Zweige iſt das Auftreten der Hautgewebe. Bei allen niederen Pflanzen bis einſchließlich der Mooſe fehlen dieſe.

Hautgewebe fehlend:	Hautgewebe vorhanden:	
	Scheitelzelle der Stämme nackt:	Scheitelzelle von den hautbildenden Zellen bedeckt:
Algae, Musci.	Equiſeten, Farrenkräuter, Lycopodiaceen.	Gymnospermae, Angiospermae.

Bei allen unterſuchten Gefäßkryptogamen iſt die Scheitelzelle der Stämme und Blätter frei, nicht von der Epidermis überzogen. Dieſe differenzirt ſich erſt in einer tiefer gelegenen, alſo älteren Region. Mit dem Auftreten der Hautgewebe geht aber ein Zug parallel, es iſt die Auflockerung

der Gewebe im Innern der Organe. Es entſtehen luftführende Intercellularräume, welche durch das Hautgewebe nach der Atmoſphäre ausmünden (vgl. Bd. I d. Handb. S. 198 ff.).

Wir wählen die Epidermis von den Wedeln der Farrenkräuter, um die Entwicklung der Stomata zu demonſtriren. In dem Maße wie der Pflanzentheil heranwächſt, differenzirt und theilt ſich die Epidermisplatte, welche mehr oder weniger weit im axilen Längsdurchſchnitt, Fig. 128 *I*, in die Nähe des Scheitels vorrückt, niemals aber mit ihren Initialen die Scheitelzelle ſelbſt überzieht, in dieſer Weiſe:



Fig. 131. Epidermis der Farrenkräuter. *A* Osmunda regalis, *a b c d* aufeinanderfolgende Zuſtände in der Entwicklung der Spaltöffnung. *B* Marathia cicutifolia, abgezogene fertig differenzirte Epidermis.

1⁰ von der Mutterzelle wird eine kleinere Tochterzelle *a b c* abgeſchieden, Fig. 131. Die Lage der Tochterzelle iſt nach keiner Richtung in der Ebene zu den vielfach gewundenen Epidermiszellen beſtimmt. Sie theilt ſich in zwei genau gleiche Tochterzellen und dieſe bilden den Spalt bei *d*, Fig. 131 *A*;

2⁰ vor der Entſtehung der beiden Schließzellen werden mehrere Theilungen ausgeführt, ſo daß die Spaltöffnung ſchließlich in einem charakteriſtiſchen Complex von Zellen mehr oder weniger central liegt.

So theilt ſich die Epidermis von Cibotium, Fig. 132, zweimal durch Wände, welche ſenkrecht zur Ebene ſtehen. Dadurch wird eine zweiſchneidige Zelle gebildet, aus welcher endlich die Schließzellen *s s* hervorgehen, Fig. 133. Die Anordnung hat dann die größte Aehnlichkeit in der äußeren Configuration mit den zweiſchneidigen Scheitelzellen und den nächſten Segmenten bei Fiſſidens, Fig. 112 S. 208, oben. (Man vergl. auch Bd. I, Fig. 202, wo eine dreiſeitige Anordnung herrſcht.)

Im Durchſchnitt ſenkrecht zur Ebene der Epidermisplatte geſtaltet ſich die Bildung der Schließzellen ſo, wie es Fig. 134 zeigt. Der urſprüngliche Complex von drei Zellen, welche aus einer Epidermiszelle hervorgegangen, iſt in *A* ſchärfer ausgezogen. Die mittlere Zelle theilt ſich genau ſymmetriſch in die beiden Schließzellen *s s*, Fig. 133 *B*. Die erſte Anlegung

iſt aber bei der Aneimia noch complicirter, wenn man die genaue ſtereometriſche Lage der Anfangszelle *a* auffucht. Dieſelbe erſcheint in *A*, Fig. 134, im Durchſchnitt durch die Epidermis als eine linſenförmige Zelle, welche durch

FIG. 132. Cibotium Schidei. Junge Epidermis.

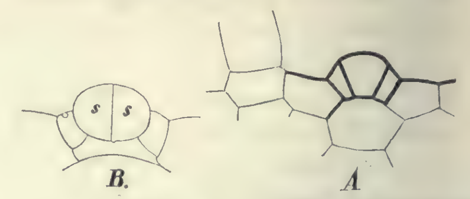


FIG. 133. Aneimia fraxinifolia. *A* Spaltöffnungszellen im Durchſchnitt der Epidermis. *B* ebenſo zur Zeit der Anlegung der Schließzellen.

eine parallel der Außenfläche ſtehende gewölbte Wand abgeſchieden wurde. Die Mutter- und die Tochterzelle wachſen nun. Es entſteht die Anordnung *B*. Durch ſymmetriſche Theilung, wie in Fig. 131, entſteht die Spaltöffnung. Pteris cretica zeigt in der Theilung ſenkrecht zur Ebene der

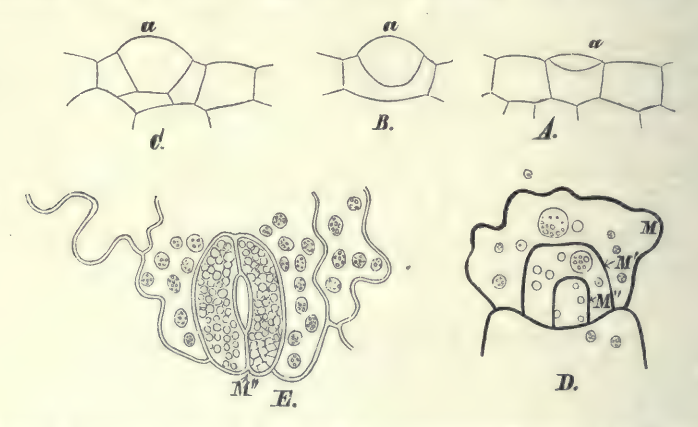


FIG. 134. Aneimia fraxinifolia. Ueber die Entwicklung der Farrenkrautſpaltöffnungen. *A* die Epidermis im Durchſchnitt ſenkrecht zu ihrer Fläche, theilt eine Zelle in *a*. *B* und *C* ſpätere Phaſen von *A*. *D* Pteris cretica, die Zelle *M* theilt ſich zweimal, *M' M''*. *M''* bildet die Schließzellen. (Nach HILDEBRANDT, Bot. Ztg. Jahrg. 24. Nr. 32.)

Epidermis eine noch weiter getriebene Complication. Die urſprüngliche Mutterzelle *M* theilt ſich durch eine in der Projection hufeiſenförmig geſtaltete Wand *M'*. Dieſe Zelle des zweiten Grades wiederholt denſelben Proceß in *M''*, in dieſer endlich entſtehen die Schließzellen, welche nun in Fig. 134 *E* im fertigen Zuſtande von zwei Epidermiszellen in charakteriſtiſcher Weiſe eingeſchloſſen erſcheinen. Die Epidermis beſteht bei der überaus größeren Mehrzahl der Pflanzen und Pflanzentheile aus einer einzigen Zellenplatte. In ſelteneren Fällen treten zwei Zellenplatten auf. Auch

betheiligen ſich noch tiefer gelegene Gewebeparthieen an der Hautbildung (Gegenſtand der vergleichenden Anatomie).

§ 19. Auftreten der blatteigenen Gefässbündel.

Bei der Betrachtung der Stammanatomie der Mooſe wurde ſchon auf Rudimente der Gefäßbündel aufmerkſam gemacht, welche dort indeß nicht zur deutlichen Ausbildung gelangen. Bei allen bewurzelten Gefäßkryptogamen läßt ſich zeigen, daß das Gefäßbündelſyſtem ſich zweien Anforderungen angepaßt hat: es dient der Leitung und befeſtigt das Auszweigungsſyſtem. Je nach der Lebensweiſe der Pflanzen tritt es mehr oder weniger ſtark entwickelt auf. Die waſſerbewohnenden Pflanzen zeigen in der Regel eine geringere Ausbildung, die Landbewohner dagegen eine Steigerung der Zellenelemente im Gefäßbündel, welche zur Feſtigkeit beitragen.

Ein gemeinſamer Zug unterſcheidet das Fibrovaſalſyſtem der Kryptogamen von demjenigen des nächſt höheren Verwandtſchaftskreiſes. Die einzelnen Bündel zeigen niemals einen dauernden Zuwachs, ſondern beenden im erſten Jahre oder allgemein raſch nach der Entfaltung ihr Dickenwachsthum. Eine Uebereinſtimmung in den feineren Zügen der Hiſtologie beſteht bei den einzelnen Familien der höheren Kryptogamen ſo wenig, wie in der äußeren Form. Es möge daher die Anordnung der Gefäßbündel in dem nächſten Abſchnitt im Anſchluß an die Lehre von der Blattſtellung und die feineren Züge der Hiſtologie bei der vergleichenden Unterſuchung über die Entwicklung abgehandelt werden.

A. Stellungsgesetze der Blätter und Zweige.

Die große Mehrzahl der Seitenzweige entſteht als Axillarſproſſe, ihre Stellung iſt daher dieſelbe wie diejenige der Blätter. Ausnahmen hiervon ſind unter der vergleichenden Morphologie der einzelnen Familien berückſichtigt. Die nachfolgende allgemeine Darlegung gilt auch für die cykliſch beblätterten Mooſe. Eine Zurückführung der Blattanlagen auf Zellen erſten Grades zur Scheitelzelle iſt nur noch möglich bei den höheren Kryptogamen (Equiſeten und Lycopodiaceen), während wir es bei den Gymnoſpermen und Phanerogamen immer mit halbkugligen oder ellipſoidiſchen vielzelligen Warzen zu thun haben, welche mehr oder weniger dicht gedrängt an der Knoſpe entſtehen.

1. Aufsteigende Entwicklung.

In der überaus großen Mehrzahl der Fälle entſtehen die Blätter und ſeitlichen Organe allgemein in der Reihenfolge von dem älteren nach dem

jüngeren Stammtheile, ſo daß ſtets das jüngſte Blatt das nächſte Gebilde an dem Vegetationspunkt iſt.

2. Absteigende Entwicklung.

Nur bei einigen Blüthen verläuft das Auftreten der ſichtbaren Blattwarzen ſo, daß das obere Blattgebilde dem unteren vom Vegetationspunkt entfernteren vorauseilt (Capparideen, Cistineen, m. ſ. Payer, Organogénie d. l. fleur). Dieß iſt jedenfalls in räumlichen Verhältniſſen begründet, da bei der allmäligen Streckung der Organe nach oben und außen raſcher Platz gewonnen wird wie nach unten.

3. Geometrisches Gesetz[1]).

Mit wenigen Ausnahmen für den entwickelten Blätterſproß (Luzula u. a. m., ſ. Hofmeister, Allg. Morphologie) und mit Ausnahme der erſten in einer Knoſpe entſtehenden Blätter beſteht in der Lage der ſeitlichen Gebilde eine ſtrenge Geſetzmäßigkeit, welche von C. W. Schimper und A. Braun zuerſt in geometriſcher Form ausgeſprochen wurde. Zunächſt fallen zwei weſentlich verſchiedene Typen für den fertigen Zuſtand auf:

1⁰ in je einem gegebenen Niveau des Stammes ſteht nur ein einziges Blatt (reſp. Seitenzweig oder Axillarknoſpe). Dieſe Stellung mag einſtweilen die cykliſche Blattſtellung genannt werden;

2⁰ in einem gegebenen Niveau ſtehen 2, 3, 4, 5 u. ſ. f. Blattgebilde, welche ſich meiſtens in den Kreis, welcher als Querſchnittsprojection des Stammes gilt, ſo theilen, daß die Winkel zwiſchen allen Einfügungspunkten gleich ſind: die quirl- oder wirtelförmige Blattſtellung.

Je eine dieſer Stellungen, beziehentlich Blattzahlen, iſt im Allgemeinen der gegebenen Pflanzenart conſtant eigenthümlich. Auch in der Zahl der Glieder für die Stellung unter 2⁰ herrſcht für die Art Conſtanz[2]).

In den Vordergrund bei der weiteren Betrachtung muß nun die Entwicklungsgeſchichte geſtellt werden.

---

[1]) C. W. Schimper, Ueber Symphytum Zeiherei. — A. Braun, Ueber die Ordnung der Schuppen an den Tannenzapfen. — Naumann, Ueber den Quincunx. — Prof. A. Braun, Blattſtellungsverhältniſſe der Sonnenblume. 299. Bot. Ztg. 65. — Joh. Hanstein, Ueber den Zuſammenhang der Blattſtellung mit dem Bau des dicotylen Holzringes. S. 233. Pr. Jahrb. Bd. I. — Nägeli, Beiträge zur wiſſenſchaftl. Botanik. Leipzig. 1858. S. 1 ff. — W. Hofmeister, Ueber die Frage: Folgt der Entwicklungsgang beblätterter Stengel dem langen oder dem kurzen Wege der Blattſtellung? Bot. Ztg. 67. — W. Hofmeister, Ueber die Zellenfolge im Axenſcheitel der Laubmooſe. 441. 457. 473. Bot. Ztg. 70. — N. J. C. Müller, Vegetationspunkt der Decuſſirten. Pringsh. Jahrb. Bd. V. Bot. Ztg. 1868. Bot. Unterſ. Bd. I. S. 427 ff.

[2]) Ausnahmen und Uebergänge zwiſchen zwei und drei Gliedern in einem Wirtel (Quirl) kommen gelegentlich vor (Eſche, Ahorn u. a. m.).

Die cyklische Stellung entsteht in Wirklichkeit dadurch, daß das primäre oder Axengebilde, von welchem sich das Blatt abzweigt, zwischen dem Zeitpunkt, wo das erste Blatt entsteht und zwischen demjenigen für das zweite Blatt merklich, wenn schon nur um mikroskopisch kleine Distanz, in die Länge gewachsen ist. Bei der nachträglichen Streckung wird alsdann der anfänglich mikroskopisch kleine Unterschied im Niveau zweier Blätter um das vielhundert- oder vieltausendfache vergrößert.

Die unter 2⁰ genannten Stellungen entstehen so, daß der Zuwachs des rückwärts vom Vegetationspunkt gelegenen Stammtheiles zwischen zwei der Anlegung zweier Blätter entsprechenden Zeitintervallen verschwindend klein ist. Somit entsteht auch nur ein verschwindend kleiner Niveauunterschied für den fertigen Zustand.

Die Regel nun, welche ursprünglich von SCHIMPER zur Ermittelung des Stellungsverhältnisses angegeben wurde, ist diese:

Man verbinde an einem Laubsproß von einem gegebenen Ausgangsblatte alle Blätter nach oben und unten durch eine continuirliche Schraubenlinie, indem man vom jüngeren nach dem nächst älteren Blatte in der gleichen Richtung fortschreitet. Damit beschreibt man den Weg der Grundspirale. Notirt man die Anzahl der Stammumläufe bis zu demjenigen höheren Blatte, welches genau über dem Ausgangsblatte steht, so erhält man Zahlen, welche in dieser Reihe liegen:

1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 u. s. f.

Notirt man die Zahl der Blätter auf dem letzteren Weg, so erhält man ebenfalls Zahlen aus dieser Reihe. Die Zahl aber, welche jetzt im gegebenen Falle gefunden wird, ist größer als die Zahl der Umläufe. Setzt man sie in den Nenner eines Bruches, in welchem die zugehörige Zahl der Umläufe den Zähler bildet, so erhält man einen ächten Bruch, welcher den Winkel der seitlichen Divergenz der Blattstellung angibt; solche Winkel sind z. B.

$^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$ ...... oder
$^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_5$, $^5/_8$, $^8/_{13}$, $^{13}/_{21}$, $^{21}/_{34}$,

je nachdem man in dem gegebenen Falle die Blätter nach dem langen Weg (die letzte der vorstehenden Reihen) oder nach dem kurzen (die erste der vorstehenden Reihen) verbindet.

a) Recurrente Reihen eingehalten[1]).

Recurrente Reihen können in diesem Sinne gebildet werden in der Weise, daß alle darin vorkommenden Zahlen unter sich relative Primzahlen sind, z. B.

---

[1]) L. & A. BRAVAIS, *Essai sur la disposition d. feuilles. Ann. d. scienc. nat. Bot. 1839.* S. 70 ff. *Nous sommes arrivés à la connaissance d'un premier angle, celui de 137° 30'*

I. Serie: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 ....., die zugehörige Bruchreihe iſt $^1/_2$, $^2/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$ ....., alle Werthe ſind zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ gelegen.

II. Serie: 1, 3, 4, 7, 11, 18 ....., die zugehörigen Werthe ſind $^1/_3$, $^1/_4$, $^2/_7$, $^3/_{11}$, $^5/_{18}$ .....; alle Werthe ſind kleiner als $^1/_3$.

III. Serie: 1, 2, 5, 7, 12, 19 ....., die zugehörigen Werthe ſind $^3/_7$, $^5/_{12}$, $^8/_{19}$, $^{13}/_{31}$ .....; die ſämmtlichen Werthe alle zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ belegen.

Der Näherungswerth A kann ſo geſchrieben werden:

$$A = \cfrac{1}{\alpha + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \ldots\ldots,}}}$$

worin die Kette zuſammengezogen werden kann in

$$A = \frac{1}{\alpha + R.}$$

28", en comparant entre elles, sur la même plante ou sur des plantes différentes, les spirales apparentes de feuilles, qui forment toujours une série recurrente dont les nombres sont 1, 2, 3, 5, 8, 13 etc. Nous avons vu qu'en supposant placées sur la verticale les feuilles 2, 3, 5, 8, 13 . . ., nous avions pour divergences de leur spire génératrice la série de fractions

$$^1/_2, \quad ^1/_3, \quad ^3/_8 \quad . \; . \; . \; .$$

qui sont les réduites successives de la fraction continue périodique

$$^1/_2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 \; . \; . \; . \; .}}$$

Mais comme toutes les fois que le nombre des feuilles augmente, la fraction qui mesure la divergence approche du dernier terme de cette série, nous avons été obligés de reconnaître dans beaucoup de plantes, pour la divergence des feuilles ce même dernier terme dont la formule est $\left(\frac{3 - \sqrt{5}}{2}\right)$ (Seite 74).

Avec la série recurrente 1, 3, 4, 7 ..... nous formerons de même la suite des fractions

$$^1/_4, \quad ^2/_7, \quad ^3/_{11} \quad . \; . \; . \; .$$

dont le dernier terme sera $\frac{5 - \sqrt{5}}{10}$.

Une troisième série comprendra les fractions $^1/_5$, $^2/_9$, $^3/_{14}$ . . . . *dont le dernier terme sera* $\frac{7 - \sqrt{5}}{22}$*; les spirales du système irrationnel seront 1, 4, 5, 9, 14.*

Un second ordre de séries recurrentes commencera par les nombres 2, 5, 7, 12, 19 . . . et donnera les fractions $^3/_7$, $^5/_{12}$, $^8/_{19}$ . . . *et enfin* $\frac{7 + \sqrt{5}}{22}$.

Un troisième ordre sera dû à la série recurrente 3, 7, 10, 17, 27 .... et fournira de même une série de fractions entières pour les divergences d'autant de systèmes rectiseriés, et enfin un système irrationnel particulier (S. 75).

$$R = \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \ldots\ldots}}}$$ und es gibt n-Partialbrüche.

Setzt man $R = \frac{Nn}{Dn}$, fo ift

$$Nn = \frac{1}{\sqrt{5}} \left[\left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^n - \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right)^n \right].$$

α) Grundfpirale.

Die Grundfpirale verbindet in einer ftetig in derfelben Richtung anfteigenden Schraubenlinie oder Spirale a l l e B l ä t t e r, fomit die natürliche

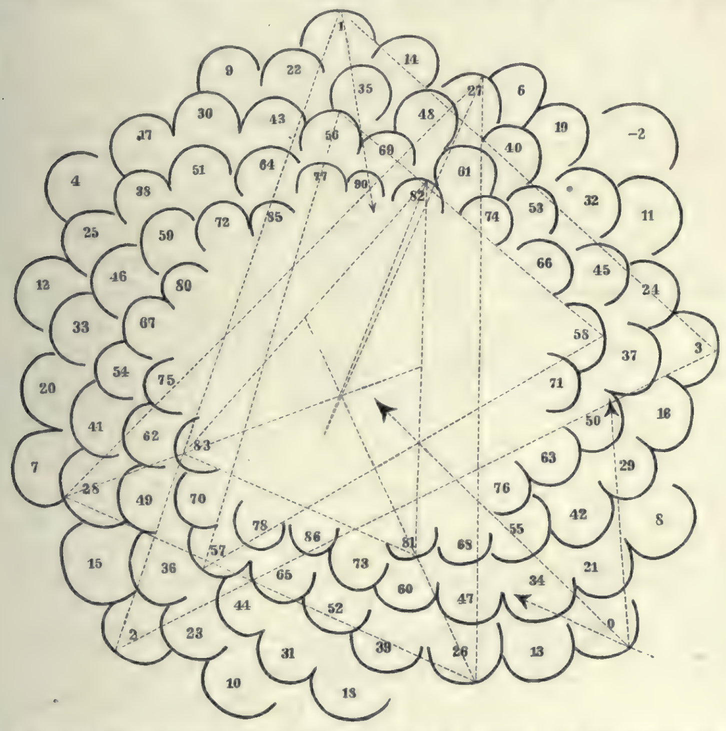


Fig. 135. Querfchnitt einer Fichtenknofpe, alle Blattanlagen von dem älteren *0* nach dem jüngeren *90* mit Zahlen belegt; Hilfslinien durch die Blätter *0, 1, 2, 56, 57, 58*; drei Pfeile, einer von *0* nach *21*, der andere von *0* nach *34*, der dritte von *0* nach *55*.

Zahlenreihe 0, 1, 2, 3 . . . . ., wobei kein Blatt ausgelaffen werden darf. Diefe experimentelle Aufgabe ift leicht zu löfen bei allen langgeftreckten armblättrigen Zweigen (unfere Laubbäume, z. B. alle Laubblattzweige). Schwieriger wird fie, wenn die Blattgebilde dicht gedrängt ftehen, wie z. B. in der Compofiteninflorefcenz oder im Tannenzapfen (vergl. Fig. 135).

β) Seitenſpiralen, Paraſtichen[1]).

Es fallen in dieſen Fällen andere Spiralen in die Augen, von welchen jede nur den *n*ten Theil der Blätter berührte, *n* iſt alsdann gleich der Anzahl der im gleichen Sinne anſteigenden Schrauben. Es gibt immer zwei auffälligſte ſolcher Syſteme, welche nach verſchiedenen Richtungen gewundene ſind und am meiſten in die Augen fallen. In Fig. 135 ſind es die Spiralen 0, 13, 26 ....., welche von rechts nach links und 0, 21, 42 ....., welche von links nach rechts nach dem Vegetationspunkte anſteigen. Selbſtredend iſt es, daß an einem ſolchen Syſteme bei unbegrenzter Anzahl von Blättern auch eine unbegrenzte Anzahl verſchiedenwerthiger Seitenſpiralen gebildet (conſtruirt) werden könnte.

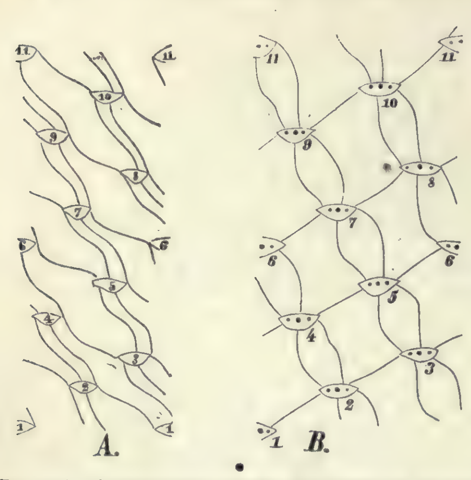


Fig. 136. *A* aufgewickelter Cylinder eines Zweiges von Populus laurifolia. In jede Blattnarbe treten drei Spuren, von jeder Blattnarbe aus ſtehen dieſelben mit den Nachbarn in Zuſammenhang. *B* aufgewickelter Cylinder des Quercus Prinus wie vorher. Ein Theil der Spuren ſteigt nach links, ein anderer Theil nach rechts.

Wir könnten vom Blatte 0 verbinden 0, 1, 2, 3 ..... Dieß wäre eben die Grundſpirale, und ſie kann offenbar nur einmal vorkommen, verbinden wir aber:

a) 0, 2, 4, 6, 8 ....
b) 0, 3, 6, 9, 12 ....
c) 0, 4, 8, 12, 16 ....
d) 0, 5, 10, 15, 20 ....
e) 0, 8, 16, 24, 32 ....,

ſo erhalten wir für eine und dieſelbe Knoſpe ebenſoviel Seitenſpiralen wie die Differenz der Zahlen in vorſtehenden Reihen beträgt. Für die Spirale *a*) erhalten wir 2, für *b*) 3, *c*) 4 u. ſ. f. Da der Kegel der Knoſpe in der

[1]) Die Glieder der Hauptreihe im Kettenbruch ſind

$$^1/_2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 \; \ldots}}$$

Annäherungen an den Bruch $\frac{17711}{46368}$ (Partialwerth des 23. Gliedes der Reihe) und an den dieſem Bruch entſprechenden Winkel von 137° 23′ 28″. Dieſer Werth aber iſt 137° 30′ 28″. Hofmeister, Allgem. Morph. S. 447 und Bravais, ſ. weiter oben.

Fig. 133 in der Querſchnittsebene je weiter nach der Spitze, immer kleinere Kreisquerſchnitte zeigt, ſo verlaufen die gedachten Verbindungslinien in der That im Spiral. Dieſelben Linien ſind im aufgewickelten Cylinder, Fig. 136, Schiefzeilen, welche hier durch Gefäßſpuren verbunden ſind.

γ) Beziehungen zwiſchen Grund-, Seitenſpiralen und Orthoſtichen[1]).

I. Beziehung der Anzahl.

In jeder Paraſtiche iſt der *n*te Theil der Blattgebilde enthalten, welche die Grundſpirale verbindet. *n* iſt die Anzahl der ge-

---

[1]) *Laboratory notes by Professor Tait. Proceedings of the royal soc. of Edinburgh.* 1870—1871. S. 381. Es möge in *A a* dasſelbe Blatt in dem aufgewickelten Zweig oder Tannenzapfen dargeſtellt ſein, in *O* ein anderes Blatt, welches von *A* durch *m* Schritte auf einer rechtsumläufigen Spirale erreicht werden kann, welche in die gerade Linie *A O* aufgewickelt iſt und durch *n* Schritte von *a* auf dem Wege einer linksumläufigen Spirale entfernt iſt. Dieſe Spiralen können allgemein ſo gewählt werden, daß *m* und *n* kleine Zahlen, 3, 5, 8, 13 ... ſind, doch ſie müſſen und können immer ſo gewählt werden, daß *m* Spiralen parallel zu *a O*, und *n* Spiralen parallel zu *A O*, jede für ſich ein Syſtem bilden, welches alle Blätter des Cylinders (Stammes) oder Kegels (Zapfens) enthält.

Haben *m* und *n* einen gemeinſamen Theiler λ, ſo ſind λ—1 Blätter außer *A* auf derſelben Linie *A a* eingefügt. Die Anordnung iſt zuſammengeſetzt und es exiſtiren alsdann λ verſchiedene Grundſpiralen. Sind *m'* und *n'* die Quotienten aus *m* und *n* durch λ, ſo ſind dieſe wie *m* und *n* weiter unten zu behandeln und dieſer Fall fällt dadurch mit dem einfacheren zuſammen und braucht nicht weiter verhandelt zu werden.

Es iſt einleuchtend, daß, um die Grundſpirale zu ſuchen, wir das zu *A a* nach *O* zu nächſte Blatt wählen müſſen, als dasjenige, welches auf *A* oder *a* folgt. Die Spirale wird rechtsumläufig, wenn *P*, ſie wird linksumläufig, wenn *p* das Blatt iſt. Selbſtredend können wir im erſteren Fall eine linksumläufige Spirale und eine rechtsumläufige im letzteren Fall bilden, doch wird alsdann die Divergenz größer als zwei Rechte, und dieß ſcheint die Mehrzahl der Botaniker zu vermeiden.

Zieht man *P Q* parallel zu *a O* und *p* parallel zu *A O*, ſo beſteht die geforderte Bedingung:

$$\frac{n}{m} A Q - P Q \quad \text{oder} \quad \frac{m}{n} a q - p q$$

müſſen ſo klein wie möglich ſein.

Iſt ferner $\frac{\mu}{\nu}$ die letzte Convergente zu $\frac{m}{n}$ und $\frac{\mu}{\nu} > \frac{m}{n}$, ſo iſt klar, daß, um nach *P* zu kommen, wir μ Blätter in der Richtung *A Q* und ν in der Richtung *Q P* zählen müſſen. Iſt hingegen $\frac{\mu}{\nu} < \frac{m}{n}$, ſo zählen wir ν Blätter in der Richtung *a q* und μ längs *q p*. Sind *P* und *p* ſo gefunden, ſo iſt damit das nächſte Blatt nach der Grundſpirale gerechnet zu *A* oder *a* beſtimmt, das nächſtfolgende wird auf demſelben Wege gefunden.

Es iſt nicht nöthig, die Entwicklung, wie ſie oben gegeben, auf einen Umgang um den Kegel zu beſchränken. Vorausgeſetzt, wir gehen mehrmals um den Kegel, und *A, a, a* u. ſ. f. ſind aufeinanderfolgende Poſitionen desſelben Blattes. Die Betrachtungen

gebenen Paraſtichen. In jeder Orthoſtiche ſteht der *m* te Theil, wo *m* gleich der Anzahl der Orthoſtichen iſt. Nehmen wir an, es ſeien an einem gegebenen Tannenzapfen oder einer Infloreſcenz gefunden fünf ſteilſte Paraſtichen nach links, acht ſteilſte Paraſtichen nach rechts gewunden, ſo iſt in einer der fünf der fünfte, in einer der acht der achte Theil aller durch die Grundſpirale verbundenen Blätter enthalten, und es muß die nächſt höhere Orthoſtiche die dreizehn ſein, in welcher je der dreizehnte Theil aller Blätter verbunden wird. Die orthoſtiche Geradzeile läuft dann weder links noch rechts, ſondern parallel der Stammaxe.

II. Beziehung der Richtung.

In jedem Syſtem iſt die Richtung der Grundſpirale aus dieſer Geſetzmäßigkeit zu finden, wenn durch die Beobachtung die Richtung zweier aufeinander folgender Seitenſpiralen beſtimmt iſt.

Es möge aus der Beobachtung gegeben ſein an einem ſehr complicirten Zapfen oder einer Infloreſcenz-Knoſpe u. ſ. f. die 55. Paraſtiche von rechts nach links, die 34. von links nach rechts, ſo muß die nächſt niedere 21. wie die 55., die 13. wie die beobachtete 34. u. ſ. f. verlaufen.

55 *l.* o. 55,
34 *r.* o. 34,
21 *l.* o. 21,
13 *r.* o. 13,
8 *l.* o. 8,
5 *r.* o. 5,

---

von früher jetzt angewandt, ergeben dieſelben Reſultate. Aber dieſe Ausdehnung befähigt uns mehr und mehr annähernd, zuweilen ganz genau, einen rechten Winkel *A O a* zu erreichen, wo *o* ein Blatt iſt, welches nach mehreren Umgängen der Grundſpirale erreicht wird. Dieß deutet an, daß die Blätter mehr oder weniger genau in parallel zur Axe des Stammes laufenden Linien geordnet werden können. Kann dieß genau erreicht werden, ſo iſt leicht einzuſehen, daß (da eins von $\frac{n}{\nu}$, $\frac{m}{\mu}$ größer, das andere kleiner als die Anzahl der Blätter in einem Umlauf der Grundſpirale) die Differenz im Azimuth zweier aufeinanderfolgender Blätter in der Formel

$$2\pi\frac{r\mu + s\nu}{rm + sn}$$

ausdrückbar iſt, worin *s* und *r* nothwendigerweiſe kleine poſitive Beſtandtheile (integers) in allen gewöhnlichen Fällen der Blattſtellung ſind, da ſie die Anzahl der Blätter in *A R*, *R o* darſtellen, welche letztere Theile der Spiralen ſind, auf welchen *m* und *n* gemeſſen wurden.

Der Bruch $\frac{r\mu + s\nu}{rm + sn}$ iſt die Divergenz der Grundſpirale genannt worden. In ihm ſind die Zahlen *m n r s* auf einmal aus der Abmuſterung eines beliebigen Stammes oder Kegels gegeben und aus *m* und *n* ſind μ und ν leicht zu berechnen.

3 *l.* 0. 3,
2 *r.* 0. 2,
1 *l.* 0. 1.

Die Einerſpirale aber iſt die Grundſpirale, deren Richtung beſtimmt werden ſollte. Damit iſt die Aufgabe, die Richtung der Grundſpirale zu beſtimmen, im experimentellen Sinne gelöſt, und es handelt ſich lediglich noch darum, die allgemeine Gültigkeit derſelben für die Hauptreihe von Divergenzen theoretiſch zu erweiſen.

III. Zahlentheoretiſche Herleitung der Regel.

Bei der Betrachtung der Schimper-Braun'ſchen Blattſtellungs-Lehre, die ſich hauptſächlich mit dem fertigen Syſtem eines verzweigten Stengels beſchäftigt, treten zwei Probleme an den Beobachter heran:

a) Wenn eine $\frac{P}{Q}$ſpirale nach der Braun'ſchen Definition vorliegt, wo bekanntlich P und Q relative Primzahlen ſind, und es iſt die Richtung derſelben gegeben, welches iſt dann die Beziehung in Zahl und Richtung der noch möglichen ſteilſten Seitenſpiralen (Paraſtichen) zur Grundſpirale?

b) Wenn an einem Zweigſyſtem die Auszweigungen ſo geringe Höhendiſtanzen haben, daß die Grundſpirale nicht mehr hineinconſtruirt werden kann, die ſteilſten Paraſtichen aber noch kenntlich ſind, ſo ſoll aus Zahl und Richtung der Paraſtichen gefunden werden der Bruch $\frac{P}{Q}$ und die Richtung der Grundſpirale.

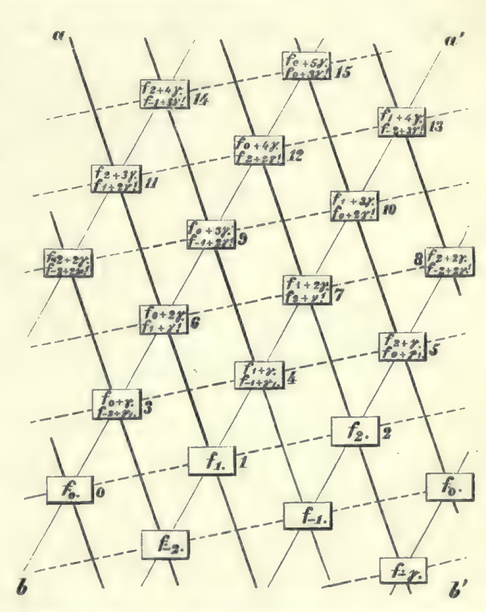


Fig. 137. Schema eines aufgewickelten Stammcylinders. Die punktirte Linie iſt die Grundſpirale, die ſchwächer ausgezogene verbindet die Blätter von f_1 aus mit dem Zahlenwerth γ, die ſtärker ausgezogenen mit dem Werth γ' (vergl. den Text S. 250).

Zu den allgemeinen Beſtimmungen über die Grundſpirale und die Paraſtichen gehören die folgenden, wenn wir keine Rückſicht auf Abweichungen der Hauptaxe von der Cylindergeſtalt nehmen:

Die Grundſpirale entſteht durch Verbindung aller Punkte (reſp. Inſertionsebenen), deren Abſtand iſt: $\frac{P}{Q} 2\pi$. (Wenn wir es mit dem Kreis als

Cylinderquerſchnitt zu thun haben, deſſen Radius $= 1$ geſetzt iſt.) Um dieſen Abſtand iſt das 2. Blatt von dem 1., das 3. von dem 2. entfernt u. ſ. f. Suchen wir den Abſtand des 1., 2., 3. ... $n$ten Blattes von einem feſten Ausgangsblatt, ſo iſt dieſer 1. $2\pi\frac{P}{Q}$, 2. $2\pi\frac{P}{Q}\ldots n2\pi\frac{P}{Q}$, wo alſo n alle ganzen Zahlen durchläuft. Die ſteilſten Seitenſpiralen (Paraſtichen) entſtehen durch Verbindung derjenigen Inſertionspunkte, deren ſeitliche Divergenz nicht $\frac{P}{Q}2\pi$, ſondern $\frac{1}{Q}2\pi$ beträgt. Es laſſen ſich immer zwei Syſteme ſolcher auffinden, bei welchen alle Einzelſeitenſpiralen des einen nach rechts, die des andern nach links gewunden ſind. Eine allgemeine Eigenſchaft der Anzahl ſolcher Spiralen in dem einen und andern Syſtem iſt, daß die Anzahl in dem einen γ zu der Anzahl γ^1 der andern addirt Q gibt, dafern $\frac{P}{Q}$ der Vorausſetzung nach ein ſolcher ächter Bruch iſt, daß Zähler und Nenner relative Primzahlen ſind. Es ſoll über γ und γ^1 noch die Beſtimmung getroffen ſein, daß $\gamma < \gamma^1$.

Als erſtes Problem ſollen die Beziehungen der ſteilſten Paraſtichen gefunden werden zu dem conſtanten Verhältniß $\frac{P}{Q}$. Wir bedienen uns des abgewickelten Cylinders Fig. 137 und wählen als $\frac{P}{Q}$ſpirale die Divergenz $^3/_8$. Das Problem fordert zunächſt die Zahl der Paraſtichen. Als Bedingung der Lage eines Punktes in einer dieſer Spiralen haben wir die Gleichung

$$1^0 \qquad \varphi n + \gamma = \varphi n \pm \frac{2\pi}{Q},$$

welche ausſagt, daß von einem Inſertionspunkt, der beziffert iſt φn und als Ausgangspunkt angeſehen wird, zu einem andern Punkt geſchritten werden ſoll, der um $\frac{2\pi}{Q}$ von φn nach links oder rechts entfernt iſt und deſſen Zahl um γ größer iſt als die des Ausgangsblattes. Die Zahl γ in dem Index links ſoll beſtimmt werden. Multipliciren wir γ mit P und dividiren das Product durch Q, ſo können wir zum Reſt erhalten $+ 1$ oder $- 1$. Wir erhalten zwei Gleichungen, welche dieſe Operationen darſtellen:

$$2^0 \qquad P\gamma = \alpha Q + 1;\; P\gamma^1 = \beta Q - 1,$$

da wir von einem feſten Punkt nach rechts hin und nach links gehen können, um der Anforderung der obigen Gleichung 1^0 zu genügen. Gehen wir in unſerem Schema nach rechts, ſo möge die Zahl γ, gehen wir nach links, ſo möge ſie γ^1 heißen. In der Figur haben die Einzelpunkte nur eine Benennung, nach dem Vorſtehenden kommen denſelben drei verſchiedene Benennungen zu, je nachdem wir ſie im Sinne der Grundſpirale oder im Sinne

einer der zwei Parastichen mit einander verbinden. Addiren wir die beiden Gleichungen in 2⁰, so kommt:

$$3^0 \qquad P(\gamma + \gamma^1) = Q(\alpha + \beta).$$

In unserem Schema könnte γ der geometrischen Bedeutung nach sowohl die Zahl 3 sein, und so ist die Benennung der Punkte ausgeführt, als auch die Zahlen 5, 7, 9 . . . . . Die Definition der «Grund-Spirale» der SCHIMPER-BRAUN'schen Lehre aber fordert die kleinste Zahl, welche der Bedingung der Gleichung 1⁰ genügt. In unserem Schema ist $\gamma = 3$, $\gamma^1 = 5$. Die Bedingungsgleichungen für den Werth von γ und γ^1 unter 1⁰ verlangen, daß γP und $\gamma^1 P$ durch Q getheilt werden können. Da nun P nicht durch Q getheilt werden kann (nach der Definition von $\frac{P}{Q}$), so muß $(\gamma + \gamma^1)$ durch Q theilbar sein. Nach der SCHIMPER-BRAUN'schen Definition einer Spirale müssen γ und γ^1 für sich kleiner als Q sein. Es können mithin auf Parastichen nur folgende Punkte liegen:

1. Parastiche $\varphi^0, \varphi^0 + \gamma, \varphi^0 + 2\gamma, \varphi^0 + 3\gamma.$
2. » $\varphi^1, \varphi^1 + \gamma, \varphi^1 + 2\gamma, \varphi^1 + 3\gamma.$
3. » $\varphi^2, \varphi^2 + \gamma, \varphi^2 + 3\gamma,$ . .
4. » .

. » .
. » .
. » .

γ. » $\varphi\gamma - 1, \varphi\gamma - 1 + \gamma$ . . . . .

Die Anzahl dieser Spiralen ist γ, ihre Divergenzwinkel $\frac{2\pi}{Q}$ und

1. Parastiche $\varphi^0, \varphi^0 + \gamma^1 \varphi^0 + 2\gamma^1, \varphi^0 + 3\gamma^1$
2. » $\varphi^1, \varphi^1 + \gamma^1 \varphi^1 + 2\gamma^1, \varphi^1 + 3\gamma^1$
3. » $\varphi^2, \varphi^2 + \gamma$ . . . . .

. » .
. » .
. » .
. » .

γ^1. » $\varphi\gamma^1 - 1, \varphi\gamma^1 - 1 + \gamma^1$ . . . .

Die Anzahl dieser Spiralen ist γ^1, ihre Divergenz $\frac{2\pi}{Q}$, wenn man in beiden Fällen mit NÄGELI vom o-Blatte die Bezifferung anfängt. Nach der NÄGELI'schen Bezifferungsweise, der SCHIMPER-BRAUN'schen Definition derjenigen Verbindungslinie, welche man Grundspirale nennt, und nach der SCHIMPER-BRAUN'schen Definition des Bruches $\frac{P}{Q}$ hat man also aus dem Vorstehenden den ganz allgemeinen Satz:

Zu einer jeden $\frac{P}{Q}$-ſpirale gehören zwei Syſteme ſteilſter Spiralen, von welchen das eine γ-, das andere γ^1-zählig iſt, und γ und γ^1 ſo beſtimmt ſind, daß

$$\gamma + \gamma^1 = Q \text{ und } \frac{P\gamma}{Q} \text{ zum Reſt läßt } + 1.$$

Sind alle dieſe Relationen erfüllt, ſo iſt die Richtung der Grundſpirale die der γſpiralen. Die γ^1ſpiralen ſteigen in entgegengeſetzter Richtung.

Das zweite Problem iſt nur die Umkehrung des erſten und findet in der Praxis der Beſtimmung des Blattſtellungsverhältniſſes ſeine Verwendung. Wenn nur die ſteilſten Paraſtichen bekannt ſind ihrer Zahl und Richtung nach, ſo ſoll die Richtung der Grundſpirale und der Bruch $\frac{P}{Q}$ beſtimmt werden. Wir wiſſen, daß die Grundſpirale der Formel genügt $\varphi n = \frac{2\pi}{Q} Pn$ und ihre Definition iſt, daß ſie alle Inſertionspunkte berührt. Da wir γ und γ^1 durch Abzählung beſtimmen, ſo können wir mit dieſen nach den obigen Relationen zunächſt P und Q beſtimmen nach den Gleichungen

1⁰ $$P\gamma = 1 + \alpha Q,$$
2⁰ $$P\gamma^1 = 1 + \beta Q.$$

Man hat, indem 1⁰ mit β, 2⁰ mit α multiplicirt und 2⁰ von 1⁰ abgezogen wird:

$$\alpha + \beta = P(\beta\gamma - \alpha\gamma 1) \text{ und hieraus } P = \frac{\alpha + \beta}{(\gamma\beta - \alpha\gamma 1)}.$$

Ferner indem man in 1⁰ mit γ^1, in 2⁰ mit γ multiplicirt und 2⁰ von 1⁰ abzieht:

$$Q = \frac{\gamma + \gamma^1}{\beta\gamma + \alpha\gamma^1}.$$

Da nun P und Q ganze Zahlen ſein ſollen, ſo muß $\beta\gamma - \alpha\gamma^1 = \pm 1$ ſein; dieß iſt nur dann der Fall, wenn $\beta < \gamma^1$ und $\alpha < \gamma$ und wenn γ und γ^1 keinen gemeinſamen Theiler haben. Iſt in der Löſung der Gleichung das obere Zeichen giltig, bleibt zum Reſt $+ 1$, ſo ſteigt die Grundſpirale wie die γſpiralen; gilt das untere Zeichen, ſo ſteigt ſie wie die γ^1ſpiralen. In der Figur ..... iſt die Bedeutung von α, β, γ, γ^1 demonſtrirt, ſo daß es jedem Leſer ein Leichtes ſein wird, dieſe Methode auf jeden Fall einer $\frac{P}{Q}$-ſpirale anzuwenden. Wir erhalten für die Reihe $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$ ... die nachfolgende Tabelle für α, β, γ, γ^1 und die aus dem Obigen entſtandenen wichtigen Quotienten.

In der Tabelle iſt noch die Richtung derjenigen Spirale angegeben,

welche man den langen Weg nennt. Handelt es ſich darum, wie meiſtens in der experimentalen Anwendung der SCHIMPER-BRAUN'ſchen Geſetzmäßigkeit, an einem vorliegenden Object, etwa einem Tannenzapfen oder einer Compoſiteninfloreſcenz oder a. m., das Blattſtellungsverhältniß und die Richtung der $\frac{P}{Q}$-ſpirale zu beſtimmen, bezogen auf den kurzen Weg, ſo hat man nur nöthig, folgendes Verfahren einzuſchlagen: Man ſucht die ſteilſten Paraſtichen, notirt deren Zahl und Richtung, geht mit den Zahlen in die letzte Tabelle ein und beſtimmt P und Q, und findet die Richtung der $\frac{P}{Q}$-ſpirale in der letzten Colonne aus dem Quotienten der vorhergehenden.

$\frac{P}{Q}$ ſpirale	γ	γ^1	α	β	$P = \frac{\beta + \alpha}{\beta\gamma - \alpha\gamma^1}$	$Q = \frac{\gamma^1 + \gamma}{\beta\gamma - \alpha\gamma^1}$	
$^2/_5$	2	3	1	1	$P = \frac{2}{-1}$	$Q = \frac{5}{-1}$	$-\ ^2/_5 + \ ^3/_5$
$^3/_8$	3	5	1	2	$\frac{3}{1}$	$\frac{8}{1}$	$+\ ^3/_8 - \ ^5/_8$
$^5/_{13}$	5	8	2	3	$\frac{5}{-1}$	$\frac{13}{-1}$	$-\ ^5/_{13} + \ ^8/_{13}$
$^8/_{21}$	8	13	3	5	$\frac{8}{1}$	$\frac{21}{1}$	$+\ ^8/_{21} - \ ^{13}/_{21}$
$^{13}/_{34}$	13	21	5	8	$\frac{13}{-1}$	$\frac{34}{-1}$	$-\ ^{13}/_{34} + \ ^{21}/_{34}$
$^{22}/_{55}$	21	34	8	13	$\frac{21}{1}$	$\frac{21}{1}$	$+\ ^{21}/_{55} - \ ^{34}/_{55}$

	$\frac{P}{Q}$	γ links / rechts	γ^1 rechts / links	$\frac{P\gamma}{Q}$ läßt zum Reſt ± 1	Die $\frac{P}{Q}$-ſpirale ſteigt wie
$^1/_2$ $^1/_3$ Reihe	$^2/_5$	2	3	− 1	die γ^1ſpir.
	$^3/_8$	3	5	+ 1	γ »
	$^5/_{13}$	5	8	− 1	γ^1 »
	$^8/_{21}$	8	13	+ 1	γ »
	$^{13}/_{34}$	13	21	− 1	γ^1 »
	$^{21}/_{55}$	21	34	+ 1	γ »
	$^{34}/_{89}$	34	55	− 1	γ^1 »
	$^{55}/_{144}$	55	89	+ 1	γ »
$^1/_3$ $^1/_4$ Reihe	$^2/_7$	3	4	− 1	γ^1 »
	$^3/_{11}$	4	7	+ 1	γ »
	$^5/_{18}$	7	11	− 1	γ^1 »
	$^8/_{29}$	11	18	+ 1	γ »
	$^{13}/_{27}$	18	29	− 1	γ^1 »

IV. Anwendung der Regeln auf die Wirtelstellung.

Sind in einer Querschnittsebene mehrere Insertionspunkte äquidistanter Auszweigungen, so findet man für die Zahlen γ und γ^1 einen gemeinsamen Theiler. Die Zahl dieser gemeinschaftlichen Theiler kann *1*, *2*, *3*, ... *n* sein.

Es gibt diese Zahl bekanntlich die Anzahl der in einem Niveau liegenden Insertionspunkte an, so daß viele solcher Ebenen sich in der gegenseitigen Lage so verhalten, wie früher eine Ebene mit nur einem Insertionspunkt. Die Zahl der Grundspiralen wird *1*, *2*, *3*, ... *n* und die Zahl der γ- und γ^1spiralen wird resp. $1\gamma, 2\gamma, 3\gamma \ldots n\gamma$; $1\gamma^1, 3\gamma^1 \ldots n\gamma^1$.

Sind allgemein *n* äquidistante Insertionspunkte in einer Ebene, so hat man an dem Object *n* Grundspiralen. Ist die Höhendistanz so gering, daß die Grundspirale nicht mehr in das Object hinein construirt werden kann, und findet man dagegen $n\ \gamma$- und n γ^1spiralen, so findet man in *n*, dem einzigen gemeinsamen Theiler, die Zahl der Punkte in einer Ebene und durch Division der Anzahl der secundären Spiralen durch den gemeinsamen Theiler γ und γ^1 und damit mit Hilfe der letzten Tabelle, S. 257, *P* und *Q*, sowie die Richtung der $\frac{P}{Q}$spirale.

n ist die Zahl der Glieder eines Wirtels. Für die Demonstrationen an natürlichen Objecten verweise ich auf das Hofmeister'sche Handbuch.

b) Das Gesetz der recurrenten Reihen entwicklungsgeschichtlich betrachtet.

Bei so auffällig für den Verkehr mit der Atmosphäre, insbesondere aber für das Licht adaptirten Gebilden, wie die Blätter und Zweige sind, kommt in Frage: wie wird die Vertheilung der Blätter sein müssen, damit der Raum eines Rotationskörpers möglichst gleichmäßig mit den Blattflächen ausgefüllt wird, den wir mit dem größten Radius der senkrecht zur Axe stehenden Blätter beschrieben denken? Dieß würde bei der cyklischen wie auch bei der wirteligen Stellung (mit cyklischer Folge der Wirtel) dann um so vortheilhafter erreicht, je mehr die Schritte der Grundspirale einem höhern Werth der Reihe

$$1/2,\ 1/3,\ 1/4,\ 1/5,\ 1/6,\ 1/7\ \ldots \frac{1}{\infty}$$

entsprechen. Unter der Voraussetzung, daß nicht ein mechanisches oder ein in der Entwicklung begründetes Verhältniß störend wirkte, würde jener Bedingung vollkommenster Ausbeutung der Lichtfläche um so mehr Genüge geleistet, je höher an der vorstehenden Reihe der Winkel belegen ist, welchen wir die seitliche Divergenz einer gegebenen Pflanze nennen. Nun aber besteht ein solches mechanisches und leicht begreifliches Hinderniß. Dieß ist der Umstand, daß je höher der Divergenzwerth in jener Reihe

liegt, um ſo länger die Dauer iſt, bis der Rotationskörper gleichmäßig mit Blättern beſetzt iſt. Denken wir uns z. B. für verſchiedene Pflanzen alle Blätter bereits angelegt für die $^1/_2$-, die $^1/_3$-, die $^1/_{100}$-Stellung und es möge mit dem Heranwachſen der Tageslänge die Entfaltung beginnen, ſo beherrſcht die Pflanze mit der Divergenz $^1/_2$ ſchon mit dem zweiten Blatte die beiden

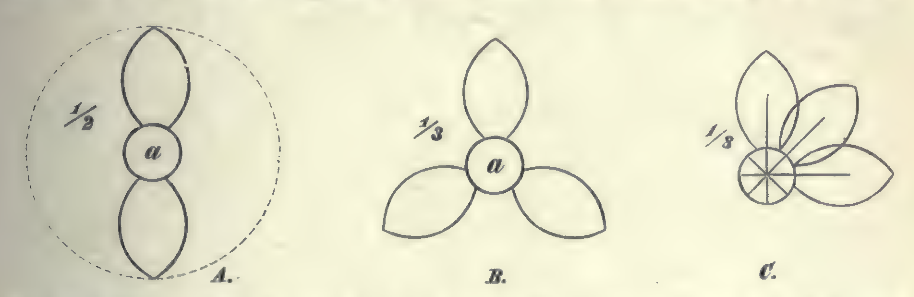


Fig. 158. Schema der Blattſtellung nach $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_8$. In der Stellung *A* würden zwei Seiten des Stammes *a* vollſtändig ausgenutzt, nach *B* drei Seiten, nach *C* aber würde mit drei Blattſchritten erſt der vierte Theil des Stammumfanges ausgenutzt.

Hälften des Querſchnittes unſeres Rotationskörpers, die Pflanze mit $^1/_3$ beherrſcht mit dem dritten Blatte den ganzen Querſchnitt vollkommener als die erſte Pflanze dieß thut, mit zwei Blättern. Beachten wir nun, daß die Entfaltung Zeit hinwegnimmt, welche für die Erhaltung des Syſtems einem Lichtverluſt gleichkommt, ſo wird unſere dritte Pflanze mit der Stellung $^1/_{100}$ am ſchlechteſten wegkommen; ſie muß 50 Blätter bilden und iſt dann noch auf einer Hälfte ihres Stammes blattlos.

Beachtet man den Schatten oder was dasſelbe iſt, die Projection der Blattflächen auf eine Querſchnittsebene, welche ſenkrecht zum Stamm ſteht, ſo erhellt, daß die cykliſche Folge in der oben genannten Reihe unvortheilhaft iſt, daß es ſomit begreiflich wird, daß höhere Glieder der Reihe als $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ zu den Seltenheiten gehören.

Behalten wir nun den Schatten der ſeitlichen Organe bei mit der Axe der Pflanze paralleler Incidenz des Lichtes und jene Schwierigkeit in der Ausbeutung der Zeit im Auge, welche entgegentritt, wenn der Divergenzwerth höhere Glieder der erſten Reihe annimmt, ſo kommen wir zu dem Schluſſe, daß der erſteren Anforderung möglichſter Ausnutzung der Lichtfläche und möglichſt raſcher Beſetzung der Axe des Rotationskörpers der Lichtfläche dann genügt wird, wenn der Divergenzwerth zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ oder $^1/_3$ und $^1/_4$ liegt, oder allgemein: den geſtellten Anforderungen iſt genügt, wenn die cykliſche Folge nach Divergenzwerthen erfolgt, die conſtant ſind und belegen ſind zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ oder $^1/_3$ und $^1/_4$ u. ſ. f., wobei zu beachten, daß ſie für die genannten Anforderungen um ſo ungünſtiger ſind, je höher die beiden Grenzwerthe in der Reihe (S. 258) belegen ſind.

Aus dieſem Geſichtspunkte kann man begreiflich finden, warum ſolche Divergenzen, wie ſie zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ in der bekannten Reihe liegen, häufiger vorkommen. Sie ſind die vortheilhafteſten und dieſe Stellungen dürfen aus dem entwickelten Geſichtspunkt als Anpaſſungen angeſehen werden. Damit aber wird ihre Conſtanz in der Reihe vieler hintereinander belegener Generationen ſo erklärlich, wie diejenigen Eigenſchaften der Form, Farbe, der Lebensweiſe u. ſ. f., welche wir uns mit DARWIN accumulirt, jetzt conſtant, denken, weil ſie für die Erhaltung der Race nützlich ſind.

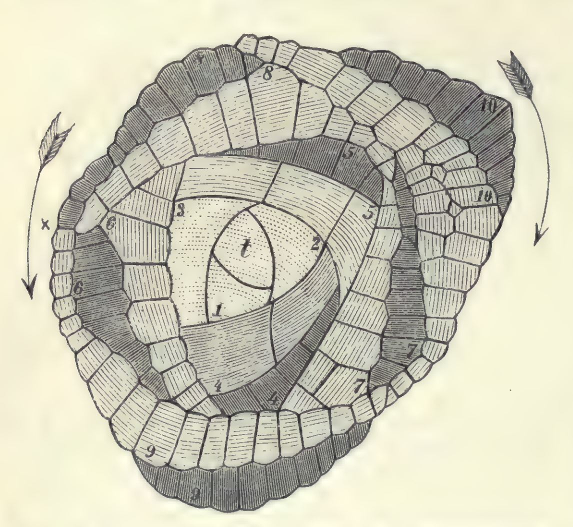


FIG. 139. Polytrichum formosum. Schema eines Querſchnittes durch den Scheitel des beblätterten Stammes. *t* Scheitelzelle, *1*, *2*, *3* u. ſ. f. die Inſertionsflächen der Blätter. Die ſchraffirten Theile der Zeichnung entſprechen den nach genauen mikroſkopiſchen Aufnahmen zuſammengeſtellten Axillarſproſſen, beziehentlich den Orten, wo dieſe ſich entwickeln würden. Dort entſtehen die Antheridien und Archegonien der fruchtbaren Pflanzen. Der Pfeil zur Rechten verbindet die Blätter *10*, *9*, *8* u. ſ. f. bis *1*, gibt alſo die Folge der Blätter ihrem Alter nach und nach dem kurzen Weg der $^3/_8$ Divergenz an. Der Pfeil zur Linken aber verbindet die Zellenketten continuirlich, ſ. Text.

α) Verhältniſſe am Scheitel.

Es muß hier auf alle bisherigen Beobachtungen und graphiſchen Darſtellungen über die Lage der jüngſten Blätter am Vegetationspunkte geachtet werden. Mit Ausnahme der Decuſſirten findet ſich nun ſtets, daß je drei oder höchſtens je fünf Blätter die Scheitelfläche begrenzen. In der großen Mehrzahl der Fälle iſt dieſelbe ein Dreieck. Nennen wir dieſes D und fügen zu demſelben die Fläche der Inſertion des erſten Blattes f' hinzu, ſodann die Fläche von $D + f' + f''$, wo f'' das zweitjüngſte Blatt bedeutet u. ſ. f., ſo erhalten wir eine Reihe von Dreiecken,

$$D,\ D+f',\ D+f'+f'',\ D+f'+f''+f'''.$$

Alle dieſe Flächen ſind Dreiecke. Alle ſind einander ähnlich.

Es folgt hieraus, daß am Scheitel bei der Entſtehung der Blätter nur Divergenzwerthe eingehalten werden können, welche ſind $^1/_3$ und größer als $^1/_3$, während jede Divergenz kleiner als $^1/_3$ eine Scheitelfläche beanſprucht, die nicht ein Dreieck ſein kann.

Da, wo das Blatt oder ſeitliche Organ ein nahe verwandter Abkömmling der Scheitelzelle iſt, wie bei den Mooſen, Fig. 139, da iſt auch die

Geſtalt der Scheitelzelle durch die Blattſtellung beeinflußt. Sie iſt eine dreiſeitige Pyramide bei allen Stellungen zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$. Bei $^1/_3$ ſelbſt iſt ihre Scheitelfläche ein g l e i c h ſ e i t i g e s Dreieck. Die Theilungen gehen durch Wände vor ſich, welche parallel ſind einer der Wände der Scheitelzelle, Fig. 140 (man vergl. Bd. I, S. 66).

Die ſeitliche Divergenz kann in ſolchen Knoſpenquerſchnitten nur beſtimmt werden aus Anſichten, wie ſie das Schema der Fig. 141 gewährt, und es iſt dort der Gang der conſecutiven Abſchnitte aus den aufeinander folgenden Kreisbogen zu erſehen.

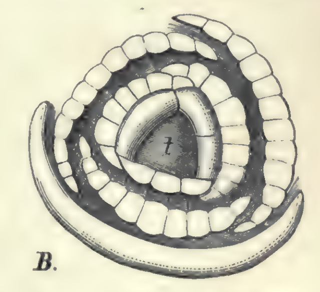


Fig. 140. Scheitelanſicht des vegetativen Stammes von Fontinalis antipyretica. Die Scheitelfläche iſt ein ſphäriſch-gleichſeitiges Dreieck.

In einer ſolchen Querdurchſchnittſcheibe des Stammes müſſen ſelbſtredend alle Theile mitwachſen, wenn im Mittelpunkte Zuwachs und Neuanlegung von Segmenten, reſp. Blatt- und Zweiganlagen erfolgen.

Für die Stellung $^1/_2$, Fig. 142 *A*, reicht das Schema vollſtändig aus, um die Zellenfolge zu demonſtriren. Die Scheitelfläche *c c* wächſt nach der Theilung zu einem größeren Areal von $\alpha\alpha'$ nach $\beta\beta'$ und theilt ſich durch die Wand $\alpha\alpha'$ in das Segment *3*, Fig. 142 *A*, und den Reſt der Scheitelfläche.

Für die Stellung $^1/_3$ iſt der Gang der Theilungen in der Scheitelzelle ſchematiſch und in geradlinigen, ſtatt in ſphäriſchen Dreiecken durch die Figurenreihe *B, C* bis *E*, Fig. 142, demonſtrirt. Die Scheitelfläche $\alpha\beta\gamma$, Fig. 142 *B*, wächſt ſich ſelbſt ähnlich zur Fläche *I II III*, und durch die Wand *a b*, welche das Segment *I* abſcheidet, ſinkt ihre Fläche wieder auf das urſprüngliche Areal. Es rückt aber hiebei der Schnittpunkt der drei Flächen $c\alpha\beta$, $c\beta\gamma$, $c\alpha\gamma$ von *c* nach *c'*, nunmehr entſteht ebenſo das Segment *II*, während Segment *I* mitwächſt. Der benannte Schnittpunkt rückt in der Querſchnittsprojection von *c'* nach *c''*, Fig. 142 *B*. Das dritte Segment entſteht, Segment *I* und *II* wachſen mit. Der Schnittpunkt rückt wieder nach *c*. Ein Cyklus iſt beſchrieben. Das nächſte Segment würde wie *I* liegen. Der ganze Vorgang wiederholt ſich, und es beſchreibt der Schnittpunkt oder der Mittelpunkt der Scheitelfläche ſtetig das Dreieckchen *c c' c''* oder in Raumcoordinaten (man vergleiche die Fig. 144) eine Zickzacklinie, deren Projection auf die Querſchnittsebene ein gleichſeitiges Dreieck ſein muß.

Die geringſte Abweichung hievon würde bewirken, daß die ſeitliche Divergenz nicht conſtant dieſelbe bleibt, oder daß der Divergenzwinkel dauernd größer wird.

Aus bekannten geometriſchen Sätzen folgt nun, daß bei dieſem Modus

der Theilung durch parallele Wände nur die $^1/_3$-Stellung möglich iſt in Scheitelzellen, welche eine dreiſeitige Scheitelfläche beſitzen. Für jede Stellung nach Divergenzen zwiſchen $^1/_2$ und $^1/_3$ wird ein Theilungsmodus gefordert, wie ihn die Figur 143 darſtellt.

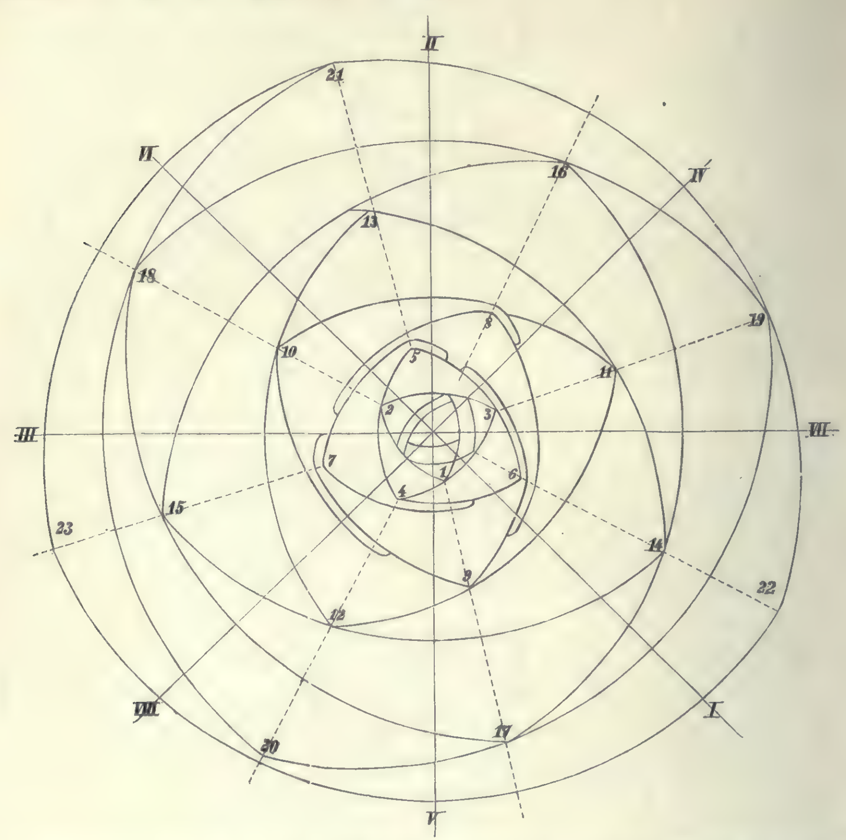


Fig. 141. Conſtruction, welche ſich der Zeichnung einer Polytrichumknoſpe oder deren Photographie am genaueſten anſchließt. Es wurde bei der Herſtellung derſelben der Vorausſetzung genügt, daß die Divergenz $^3/_8$ conſtant ſei und daß der Radius der ein Segment einſchließenden Bogen *entſprechend dem Stammdurchmeſſer wachſe!* Die Conſtruction zeigt weiter, daß in Kreisconſtructionen, welche ſich dem natürlichen Verhältniß der Knoſpenquerſchnitte am meiſten anſchließen, die conſecutiven Dreiecke ungleichſeitig ſind, daß auch die Scheitelzelle ein ungleichſeitiges Dreieck *ſein muß.* Die Conſtruction ſetzt ſich, von dem innerſten Dreieck abgerechnet, zuſammen aus Bogenſtücken, welche nach und nach von den Radien *I*, *II* u. ſ. w. mit wachſendem Radius beſchrieben wurden: von dem Strahl *I* iſt das Bogenſtück beſchrieben, welches der Bauchſeite des Segmentes *2* und der einen Seite des Segmentes *1* angehört. Von dem Strahl *II* wurde die Bauchſeite des Segmentes *1* beſchrieben. Von dem Strahl *III* ſtammt das Bogenſtück, welches der Bauchſeite des Segmentes *3* und der breiteren Seite des Segmentes *1* entſpricht, der Bogen *1 2* ſtammt vom Strahl *IV*, der Bogen *2 3* von *V*, der Bogen *3 4* von *VI*, *4 5* von *VII*, *5 6* von *VIII* her, u. ſ. f. Mit wachſendem Radius nähert ſich das Convolut von Bogen dem Kreis.

Das Schema Fig. 143 ſtellt in der ausgezogenen Figur die Scheitelzelle mit zehn Segmenten dar. Das ganze Syſtem wächſt nach dem Areal der punktirten Figur, und es wird Platz gewonnen für ein neues Segment. Die Wand *a* iſt alsdann nach *c* gerückt, und im nächſten Moment ſcheidet die

punktirte Wand das Segment *o* ab. Die Conftruction zeigt fomit den Zuwachs eines Segmentes und die Ausdehnung aller vorhandenen mit der Befriedigung der Forderung nach conftanter Divergenz.

Wenn man in dem Dreieck *a b*, Fig. 143, den Mittelpunkt fucht und diefe Beftimmung für jede folgende Theilung vornimmt, fo befchreibt die Verbindungslinie aller Mittelpunkte in Raumcoordinaten eine Zickzacklinie, deren Projection auf eine fenkrecht zur Längsrichtung des Stammes ftehende Ebene gleich ift der Figur 144.

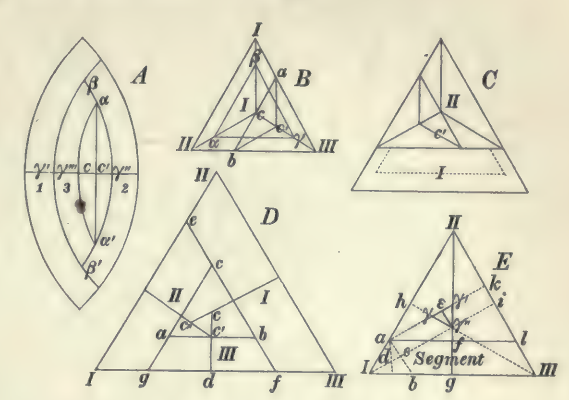


Fig. 142. *A* Schema der Scheitelflächen der Moofe mit $^1/_3$-Stellung der Blätter. *B* bis *D* Conftructionen für die Segmentfolge nach $^1/_3$.

Die Figur *1*, *2*, *3* u. f. f. ift eine gefchloffene. Der Winkel zwifchen *1*, *2* u. f. f. ift das Complement (zu 180°) zu dem Divergenzwinkel (in diefem Falle $^3/_8$, refp. $^1/_8$).

Bei der Anlegung je eines der Segmente muß das ganze Syftem jedesmal einen Zuwachs erleiden, wie er durch den Uebergang von der ausgezogenen nach der punktirten Figur dargeftellt ift (Fig. 143).

Die Geftalt der Scheitelfläche kann gleichwohl innerhalb weiter Grenzen fchwanken, ohne daß den beiden Forderungen «conftante Divergenz der entftehenden Blätter und Continuität der Figur» widerfprochen wird. In der Figur 145 z. B. find drei Scheitelzellen *a b c*, *a' b' c'* und *a'' b'' c''* nach derfelben $^3/_8$-Divergenz conftruirt. In ihr nähert fich *a'' b'' c''* einem gleichfchenkligen Dreieck.

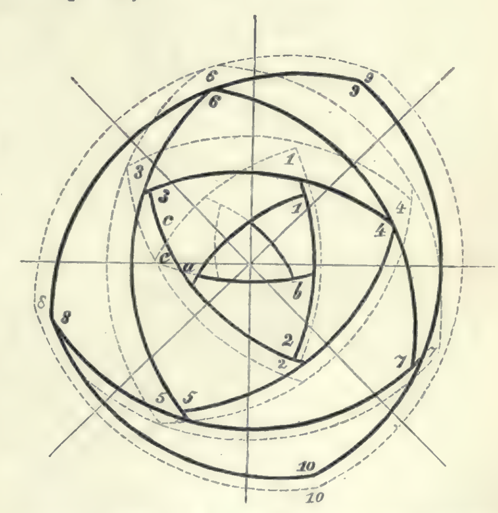


Fig. 143. Schema für die Entftehung eines neuen Segmentes am Scheitel eines Moofes, bei welchem die $^3/_8$-Stellung herrfcht.

In diefen Dreiecken find von dem Radius *1* befchrieben die Bogen

a b, *a' b'*, *a'' b''*. Von dem Radius *2* die Bogen *a c*, *a' c' a'' c''*. Von dem Radius *3* die Bogen *b c*, *b' c'*, *b'' c''*. Für alle drei Dreiecke iſt der Anforderung genügt, daß die Segmente, welche die Scheitelfläche umgeben, nach derſelben Divergenz ſtehen, dieſe iſt gleich dem Winkel zwiſchen den Radien *1* und *2*, alſo gleich $^3/_8$. Nach bekannten geometriſchen Sätzen iſt ſelbſtredend, daß nur zwei Segmente an der Scheitelfläche untergebracht werden können, in der Art, daß ihre Bauchſeiten mit einer der drei Seiten des Dreiecks *a b c*, *a' b' c'*, *a'' b'' c''* zuſammenfallen.

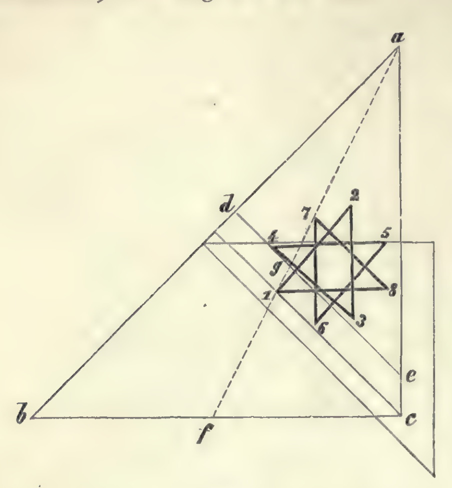


Fig. 144. Schema für die Projection der Schnittpunkte der drei Pyramidenflächen einer Scheitelzelle nach achtmaliger Theilung für die ſeitliche Divergenz $^3/_8$.

Aus allen dieſen Theilungsvorgängen folgt mit Nothwendigkeit, daß die Inſertionsfläche des jungen Blattes im Beginne aſymmetriſch ſei.

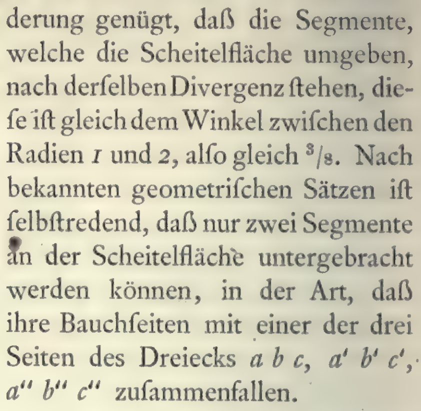


Fig. 145. Schema für die Geſtalt von Scheitelflächen nach der Divergenz $^3/_8$.

Die nachfolgenden Meſſungen an Scheitelflächen, welche nach der von Hofmeister angegebenen Methode von Aspidium hergeſtellt wurden, geben weitere Belege für das Vorſtehende.

Aspidium filix mas, Fig. 146, nach einem Photogramm gepauſt. Die Scheitelfläche der Terminalzelle iſt ein ungleichſeitiges Dreieck; die Längen der Seiten ſind:

$a b = 20{,}3$, $b c = 13$, $a c = 16{,}7$, $a c' c = 18{,}5$.

Legt man den Goniometer an die Seiten *a b*, *b c* an, ſo betragen die Winkel:

$$\measuredangle a = 70^0,\ \measuredangle b = 85^0,\ \measuredangle c = 120^0.$$

Aspidium filix mas, Fig. 147, nach einem Photogramm gepauſt.

Flächenanficht des Scalpes der Scheitelzellgruppe. Die Winkel des in die drei Eckpunkte conftruirten Dreieckes betragen:

$$\sphericalangle a = 45^0, \sphericalangle b = 59^0, \sphericalangle c = 74^0.$$

Bei diefer Knofpe ift zu bemerken, daß die Wände *a b* und *a c* nicht jene Beugung zeigen, welche eine Folge der Theilungen in den Segmenten ift, wie die Fig. 148. Das fphärifche Dreieck *a b c* fchließt fich am genaueften der Conftruction an.

β) Theorie von Schwendener, auf- und abfteigende Verfchiebungen[1]).

Nach den Unterfuchungen bis hierher wurde ftets die Vorausfetzung gemacht, daß in der Nähe des Scheitels fchon die feitliche Divergenz nahezu

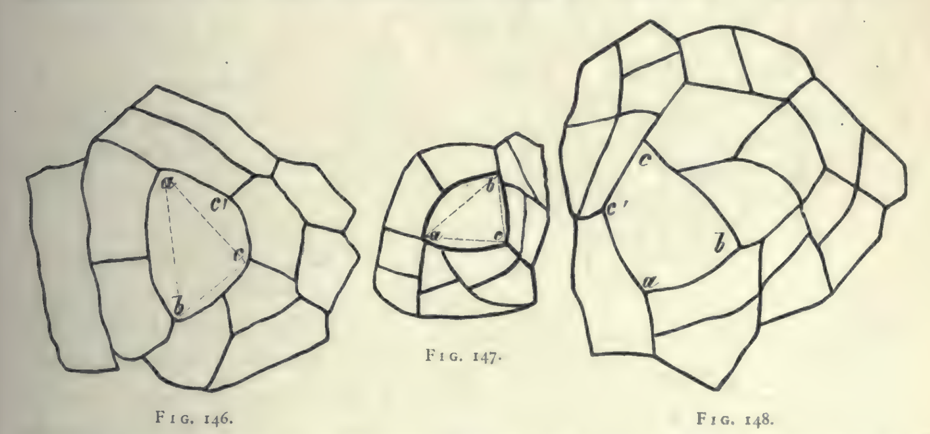


Fig. 146. Fig. 147. Fig. 148.

Drei Scheitelzellgruppen von drei verfchiedenen Stämmen des Aspidium filix mas. Die Methode der Herftellung der Scalpe nach Hofmeister ift diefe: nachdem der Scheitel möglichft forgfältig abgetragen ift, werden die anhaftenden Zellwände und der Zellinhalt unter der Präparirlupe mit dem Scalpell forgfältig abgefchabt, bis das Zellennetz vollftändig klar und durchfichtig ift. Die Objecte wurden photographirt, die Holzfchnitte find genaue Paufen der Photogramme.

conftant fei und denfelben Werth befitze wie in dem fertigen Zuftande. In der That ift dieß auch der Fall, wie man an einer großen Anzahl von Knofpen durch die Beobachtung erweifen kann:

1⁰ die Anzahl und gegenfeitige Neigung derjenigen Seitenfpiralen, in welchen fich die Blätter gegenfeitig berühren, find von dem Knofpenzuftand ab bis zum ausgewachfenen Stamme nicht conftant;

2⁰ die Anzahl der Contactlinien und ihre gegenfeitige Neigung find

[1]) Ueber die Verfchiebungen feitlicher Organe durch ihren gegenfeitigen Druck. Ein Beitrag zur Lehre von der Blattftellung von Schwendener. Bafel, Schweighauferfche Buchdruckerei 1875. Aus den Verh. der naturforfchenden Gefellfch. in Bafel. VI. 2. 75, und Mechanifche Theorie der Blattftellungen von demf. Autor. Leipzig. Engelmann. 1878.

nicht die gleichen an verſchiedenen Zweigrangklaſſen der Bäume, insbeſondere der hier in erſter Linie zu ſtudirenden Nadelhölzer;

3⁰ es entſtehen im Allgemeinen in armblättrigen und geſtreckten Axen Divergenzen, die näher an $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ liegen, dadurch wird das äußere Anſehen geometriſch einfacher, d. h. die Contactlinien ſind in der Anzahl 1,2; 2,3; 3,5 u. ſ. f. vorhanden;

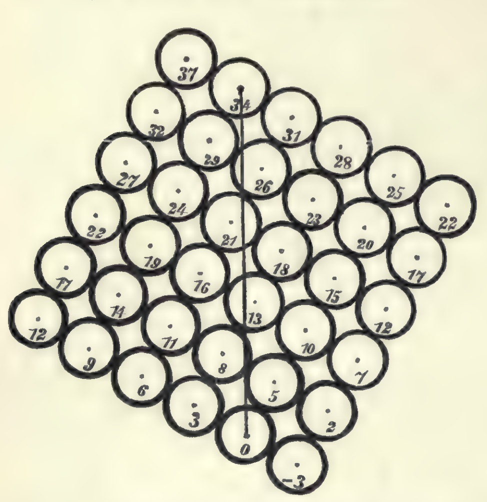


Fig. 149. Darſtellung des Schwendener'ſchen Apparates. Die bezifferten Walzen, deren Querſchnitte hier verzeichnet ſind, ſtellen eine Parthie eines aufgewickelten Cylinders dar, an welchem die ſeitlichen Organe nach $^{13}/_{34}$ Divergenz ſtehen. In dem Brettchen, auf welchem die Walzen ſtehen, befindet ſich ein linearer Spalt, in welchem die Stifte zweier Walzen *12* links und *12* rechts ſich verſchieben, während ein zu dem erſten Spalt ſenkrechter zur Führung der mit einem Stift verſehenen Walze *o* dient. Alle übrigen Walzen laſſen ſich auf dem Brettchen frei verſchieben. Die Verſchiebungen werden mit einem Holzrahmen ausgeführt, welcher rechteckig und in den Winkeln mit Charnieren verſehen iſt. In dem Apparat gibt die Richtung *12 12* den Horizont an, mit Hilfe eines Fadenkreuzes kann die Richtung der Orthoſtiche für die Walze *o* für jeden Zuſtand des Syſtemes aufgefunden werden. Die Verſchiebungen können nun ſo geſchehen, daß nach und nach die *3* und *5*, die *5* und *8*, die *8* und *13* Paraſtichen u. ſ. f. in Contact gerathen, ſo daß die Divergenz in der bekannten Reihe fortſchreitet. Mit den Verſchiebungen, welche der Intereſſent an dem Apparat in dieſem Sinne vornimmt, mag er die Abbildungen Fig. 150 bis 152 vergleichen.

4⁰ in dichtgedrängten Axen mit zahlreichen Seitenorganen ſteigt das Stellungsverhältniß durch $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, ... $^{55}/_{144}$, $^{89}/_{233}$ u. ſ. f., d. h. es kommen höhere Anzahlen von Contactlinien, z. B. 5 und 8, 8,13; 13,21 u. ſ. f. zum Ausdruck. Für dieſe Studien empfehlen ſich die Infloreſcenzen der Compoſiten und die vegetativen Triebe der Nadelhölzer.

Vegetationspunkte der Nadelhölzer.

Was bei den Laubknoſpen nicht erreicht werden kann, die Beſtimmung der Lage jüngſter Blattanlagen für Divergenzen bis zu $^{55}/_{144}$, $^{89}/_{233}$ u. ſ. f., iſt hier möglich. An einem Triebe der Fichte entſtehen gegen 600 bis 800 Nadeln. Im günſtigen Falle können an einer Compoſiten-Infloreſcenz einige Tauſende von Blüthen zur Anlegung kommen, wenn ſchon nicht alle die definitive Ausbildung erlangen. Dieß iſt das Material, an welchem die Schwendener'ſche Theorie ſtudirt werden kann.

«Auf ein ſolches Organ, das man ſich als das oberſte eines zuſammengehörigen Complexes denken mag, wirke ein longitudinaler, d. h. der Axe parallel gehender Druck *P*; wie pflanzt ſich derſelbe nach unten fort und welches ſind die reſultirenden Schwingungen?»

Schwendener ſetzt voraus, die ſeitlichen Organe, um deren Stellung

es ſich hier handelt, ſeien Hügel mit kreisförmiger Baſis und der Druck pflanze ſich durch diejenigen Organe fort, welche ſich direct berühren. Es laſſen ſich dann über je drei Organe Dachſtühle conſtruiren. Die drei Organe ſind ſo zu wählen, daß die Inſertionspunkte von zweien in einer Horizontalen liegen, das dritte Organ iſt dann durch die zwei gegenſinnig verlaufenden Paraſtichen verbunden. Die Anzahl dieſer Paraſtichen iſt 3 und 5, 5 und 8, 8 und 13 u. ſ. f., ſo daß der Dachſtuhl einen längeren und einen kürzeren Sparren beſitzt. Bei der in dieſem Syſtem durch den Druck bewirkten Verſchiebung des Scheitelpunktes wird dieſer ſtets nach dem längeren Sparren hin geſenkt, und die beiden in der Horizontalen liegenden Fußpunkte werden um die gleiche Diſtanz ſeitlich verſchoben.

SCHWENDENER macht die Verſchiebungen, welche durch einen ſolchen Längsdruck entſtehen, mit Hilfe eines ſinnreichen Apparates verſtändlich, indem er von der $^{13}/_{34}$-Stellung ausgeht. Es berühren ſich in dieſem Falle die Blätter der *3*er und *5*er Paraſtichen, Fig. 149. Durch *0* und *34* geht eine Orthoſtiche. Legt man nun durch die Blätter *22* zur Linken und *22* zur Rechten eine feſte Axe, ſo iſt dieſe die Horizontale, welche von *0—34* rechtwinklig geſchnitten wird.

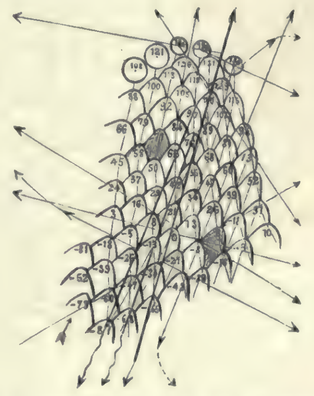


FIG. 150. Dieſe Figur iſt eine photographiſche Verkleinerung eines mit dem Bildmikroſkop bei 80facher Vergrößerung aufgenommenen Tangentialſchnittes der Fichtenknoſpe, ſie ſtellt eine etwa 70—80fache Vergrößerung dar. Die *55*er, *89*er und *144*er Paraſtichen ſind als ſchärfer ausgezogene Axen kenntlich gemacht, die niedrigen Paraſtichen ſind in dem Scheitel und der Baſis als Pfeillinien mit der Zahl der Paraſtichen angedeutet. Die Bezifferung wurde mit dem 0-Blatte begonnen, durch welches die Linie *HH*, der Horizont, ſenkrecht zur *55*er Axe gelegt wurde; von 0 ſind die Zahlen nach oben poſitiv, nach unten negativ eingetragen.

Wenn ſich nun in Folge des Druckes in zu 0 34 paralleler Richtung die Kreiſe ſo verſchieben, daß die Punkte 22 ſich von einander entfernen, ſo geht die $^{13}/_{34}$-Stellung allmälig über in $^{8}/_{21}$, $^{11}/_{29}$, $^{14}/_{37}$.

Wirkt der Druck aber ſo, daß die Punkte *22* ſich nähern, ſo kommen die Stellungen $^{5}/_{13}$, $^{12}/_{31}$, $^{7}/_{18}$, $^{9}/_{23}$, $^{11}/_{28}$ zum Vorſchein.

Bei beiden Verſchiebungen iſt eine Berührung von je vier in eine ſolche von je drei Blättern übergeführt. Jetzt kommen drei Paraſtichen in einem Blatte zur Vereinigung. Geht man nun von der erſteren Verſchiebung mit $^{14}/_{37}$ weiter, ſo kann man abwechſelnd die *3* und *5*, *5* und *8*, *8* und *13* u. ſ. f. Paraſtichen mit einander combiniren und kommt zu dem Schluſſe: wenn die ſeitlichen Organe an der Stammſpitze in ſpiraliger Reihenfolge mit beliebigen Divergenzen zwiſchen 180° und 120°, die jedoch unter ſich nicht allzu verſchieden ſein dürfen, angelegt werden, ſo bewirkt der longitudinale Druck, oder

was dasſelbe iſt, ein quergerichteter Zug mit mathematiſcher Nothwendigkeit eine allmälige Annäherung der Divergenzen an den bekannten Winkel von $137^0\ 30'\ 28''$.

Von den Stellungsverhältniſſen, welche anderen Divergenzreihen entſprechen, mögen zunächſt diejenigen erwähnt werden, deren Paraſtichen ſich nach folgenden Coordinationszahlen ordnen:

$$1,\ 3,\ 4,\ 7,\ 11,\ 18,\ 29,$$
$$1,\ 4,\ 5,\ 9,\ 14,\ 23,\ 27,$$
$$1,\ 5,\ 6,\ 11,\ 17,\ 28,\ 45, \text{ oder allgemein}$$
$$1,\ n,\ n+1,\ 2n+1,\ 3n+2\ \ldots\ldots$$

Dieſen Reihen entſprechen die Divergenzen:

$$^1/_3,\ ^1/_4,\ ^2/_7,\ ^3/_{11},\ ^5/_{18},\ ^8/_{29},$$
$$^1/_4,\ ^1/_5,\ ^2/_9,\ ^3/_{14},\ ^5/_{23},\ ^8/_{37},$$
$$^1/_5,\ ^1/_6,\ ^2/_{11},\ ^3/_{17},\ ^5/_{28},\ ^8/_{45}, \text{ oder allgemein}$$
$$^1/_n,\ ^1/_{n+1},\ ^2/_{2n+1},\ ^3/_{3n+2},\ ^5/_{5n+3}\ \ldots\ldots$$

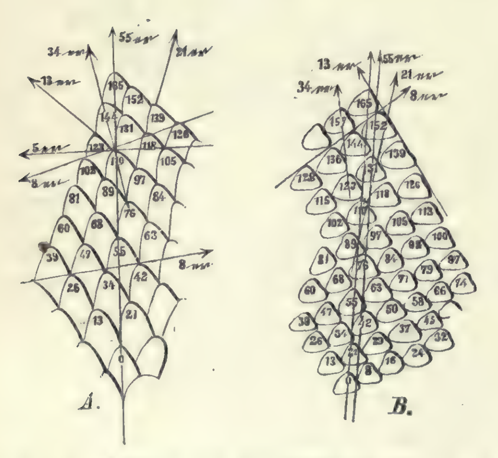


Fig. 151. Aehnliche, aber ältere Stadien wie Fig. 150. In *A* wurden die Nadeln abgeſchnitten, ehe der Tangentialſchnitt ausgeführt wurde. In *B* wurden ſie abgezupft. Die Bezifferung iſt von dem unterſten Blatte *o* nach oben im poſitiven Sinne ausgeführt.

Auch mit dieſen Stellungen läßt ſich unter den früheren Vorausſetzungen dieſelbe Verſchiebung ausführen.

Mit Zugrundelegung des obigen Satzes kann man die Schwendener'ſche Theorie ſo ausſprechen:

a) ein Syſtem von ſeitlichen Organen, welches vorzugsweiſe in der transverſalen Richtung wächſt, verſchiebt die conſecutiven Paraſtichen *2, 3, 5, 8, 13, 21* u. ſ. f., je länger der Druck in der gleichen Richtung herrſcht, ſo, daß nach und nach immer höherzählige Paraſtichen mit der geometriſchen Axe des Organs zuſammenfallen (zu Orthoſtichen werden);

b) ein Syſtem, welches vorzugsweiſe in longitudinaler Richtung wächſt, verſchiebt die conſecutiven Paraſtichen ſo, daß von der höchſtzähligen mit herrſchend bleibendem Drucke nach und nach immer niedrigerzählige Paraſtichen mit der Axe zuſammenfallen.

Für *a*) zieht Schwendener die Compoſiteninfloreſcenzen heran, für

b) weist er auf die vegetativen Zweige der Abietinieen, insbesondere der Fichte.

Aus der Entwicklungsgeschichte lassen sich im Anschluß an die Theorie diese Fragen aufwerfen:

1⁰ wie weit halten die seitlichen Organe in der Anlegung den Divergenzwinkel ein, den wir an dem ausgebildeten Zustand beobachten?

2⁰ verändert die Stellung von dem ersteren nach dem letzteren Zustand ihren Werth?

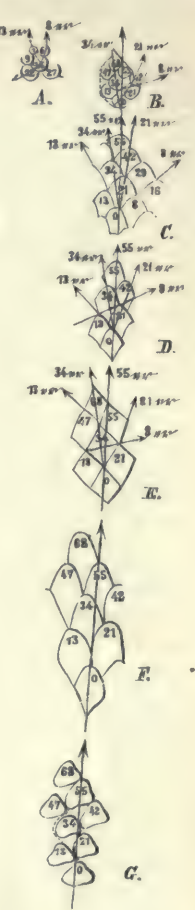


Fig. 152. Zusammenstellung der wichtigsten Lagen von der Knospenlage ab mit Berücksichtigung der Contactlinien und deren Neigung zur Parastiche der *55er*, welche als Axe für alle festgehalten werden, für die Fichtenknospe.

Für die Beantwortung der ersten Frage wird man solche Knospen zu untersuchen haben, welche wie die der Abietineen eine möglichst große Anzahl von Blättern bilden, so daß man sehr hochzählige Parastichen in die objectiven Abbildungen hineinconstruiren kann. Hierbei fand ich, daß die Stellungen namentlich bei den Abietineen außerordentlich veränderlich sind, insofern bei schwachen Knospen herrschende Divergenzwinkel $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, während bei starken Knospen der Haupttriebe die $^{13}/_{34}$, $^{21}/_{55}$ und höhere Stellungsverhältnisse vorkommen.

In Hinsicht der zweiten Frage hat man dieselben Knospen zu verfolgen, bis die entsprechenden Stammstücke den stabilen Zustand erreicht haben. Durch genaue Messungen ist die Veränderung der Winkel, welche die consecutiven Parastichen unter sich und mit der geometrischen Axe einschließen, und die Art der Verschiebung klar zu legen.

Als Beispiel der weitläufigen Verschiebung wählen wir die Blattknospe der Fichte. Fig. 135 zeigt die *21*er und *34*er im Contact. Die Stellung nähert sich der $^{21}/_{55}$, der Pfeil, welcher das Blatt *0* mit dem Mittelpunkt verbindet, geht nach *55*. In dem Maße, wie die Knospe sich füllt, ohne daß ein beträchtliches Längenwachsthum herrscht, kommen immer höhere Parastichenzahlen in Contact. Streckt sich aber endlich die Knospe, so sinken diese wieder. In den Holzschnitten, Fig. 150, 151, sind die Längsflächen des Cylinders nach Photogrammen festgehalten. An der Basis sind in der

erſteren Figur die *13*er und die *8*er in Contact. In der Nähe der Spitze aber in der Gegend des ſchraffirten Blattes *71*, Fig. 150, iſt der Contact auch mit den *21*ern noch erhalten. In der Fig. 151 *A* iſt der Contact zwiſchen *0 13* und *0 21* erhalten, in Fig. 151 *B* dagegen bilden die *8*er und *13*er die Contactlinien. Von der Knoſpenlage, Fig. 135, durch alle Phaſen des Wachsthums, bis die Knoſpe ſich öffnet und merklich ſtreckt, geſtaltet ſich die gegenſeitige Lage der Contactlinien, wie die Fig. 152 es veranſchaulicht. Zuletzt nähert ſich die *21*er Paraſtiche der Orthoſtichenrichtung. Von dem Stamme der Nadelhölzer nach dem Aſte und nach den höheren Zweigen findet man ein allmäliges Sinken der Contactlinien und Orthoſtichenzahl von *55* nach *34*, nach *21*. An ganz ſchlanken Zweiglein ſinken die Zahlen der Contactlinien endlich auf *3* und *2*.

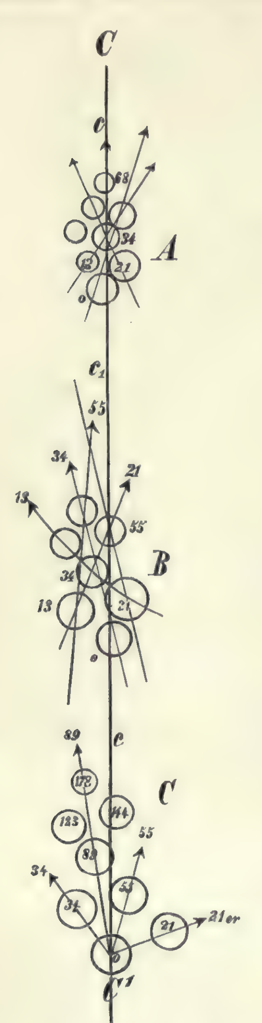


Fig. 153. Gegenſeitige Lage der Blüthen im Blüthenſtand von Chrysanthemum.

Der entgegengeſetzte Wechſel macht ſich an den ſcheibenförmigen Infloreſcenzen der Compoſiten geltend. Man kann die Stellung der Blüthen in ſolchen Scheiben vom jüngeren nach dem älteren Zuſtande leicht feſthalten, wenn man die Scheiben auf berußte Glasplatten leiſe aufpreßt, da wo eine Erhebung iſt, nimmt dieſelbe den Ruß hinweg. Das Bild kann mit Firniß auf der Glasplatte feſtgehalten werden. Die Platte dient als Negativ für die photographiſche Fixirung des Abdruckes.

In der Fig. 153 iſt *CC'* der Radius der Scheibe von Chrysanthemum, *A* der jüngſte, *C* der älteſte Zuſtand. In *A* geht die Orthoſtichenrichtung von *0* nach *34*. Die *21*er und *13*er ſind nahezu im Contact. In *B* geht die Orthoſtiche (der Radius) von *0* nach *55*. In *C* geht ſie von *0* nach *144*, die *34*er und *55*er Paraſtichen ſtehen im Contact. Die *21*er ſind beträchtlich geneigt.

Faſſen wir nun für die Abietineen die Schwankungen in Bezug auf den Divergenzwinkel und die Richtung der Grundſpirale zuſammen für das vegetative Syſtem der Fichte, ſo erhalten wir:

1⁰ das Fortſchreiten der Paare von Contactlinien *2,3*; *3,5*; *5,8*; *8,13*;

13,21 . . . . . durch die Verſchiebung im Sinne der Schwendener'ſchen Theorie an einem und demſelben Triebe vollzieht ſich in der Knoſpe, ſo lange noch und während neue Blattwarzen angelegt werden (vergl. Fig. 135 und 153);

2⁰ mit dem Längenwachsthum nähern ſich die höherzähligen Paraſtichen der Richtung der geometriſchen Axe des Zweiges (Stammes), das Syſtem wird häufig (nicht immer) rückläufig, ſo daß in der Knoſpe ein in der Reihe $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$ . . . . . höherbelegener Werth vorkommt, wie am ſtabil gewordenen Zweig;

3⁰ jene vorſchreitende Bewegung durch die Paraſtichenreihen (ſ. Fig. 150, 153) erſtreckt ſich über höhere Paraſtichenzahlen in dem Haupttrieb, über niedere in dem Aſt und über niederſte in dem unterdrückten Zweiglein der Fichte, ſo daß in dem erſteren noch *21*er und *13*er Paraſtichen vorkommen, während in dem letzteren die Zähligkeit derſelben auf *3*er und *5*er herabſinken kann;

4⁰ daraus folgt, daß an einem und demſelben Baume die Divergenz ſchwankt zwiſchen $^5/_{13}$ und $^{13}/_{34}$, ſowie dem höheren Werth $^{21}/_{55}$ und in einigen Fällen $^{34}/_{89}$, ſelbſt $^{55}/_{144}$;

5⁰ die Richtung der Grundſpirale in den Axillarknoſpen wechſelt von Blatt zu Blatt, damit aber auch ſelbſtredend die Richtung der primären Gefäßſpuren;

6⁰ in der Scheibe der Compoſiteninfloreſcenzen iſt die Verſchiebung der Paraſtichenreihen eine aufſteigende, niedrigzählige Contactlinien treten zuerſt, höherzählige zuletzt auf.

B. Beziehungen zwischen der Blattstellung und dem anatomischen Bau.

(Man vergl. Bd. I d. Handbuches S. 309).

Bei den beblätterten Stämmen der höheren Pflanzen gelten die zuerſt von Nägeli aufgefundenen Geſetzmäßigkeiten, und es iſt hier nur auf die Beziehung zur Blattſtellung noch aufmerkſam zu machen.

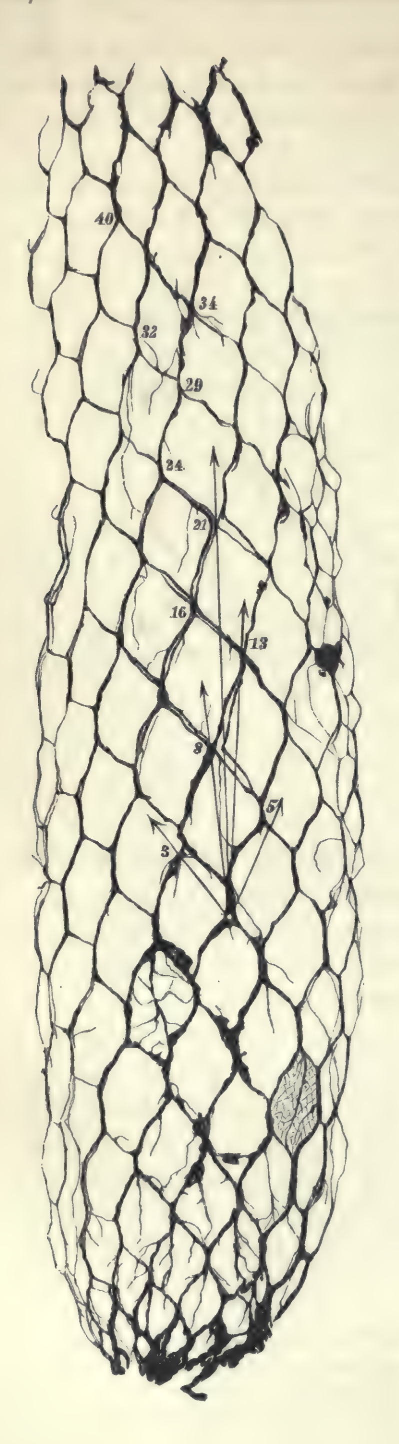
1. Primäre Gefässbündel.

Die Zahl der primären Gefäßbündel, welche in einem gegebenen Niveau im Stamme auftritt, iſt nicht allgemein eine conſtante, ſondern abhängig von den Zahlen, welche in den Contactlinien herrſchen, in der Weiſe indeß, daß, wenn der Stamm ſich bedeutend ſtreckt und große Interfolien bildet, die Anzahl der in einem gegebenen Querſchnitt ſtehenden Bündel ſinkt, während ſie am größten iſt an verkürzten Interfolien in dicht gedrängter Stellung der Blätter, beziehungsweiſe der ſeitlichen Organe.

2. Verlauf der Gefässbündel.

Die allgemeinen Verhältniſſe der Gefäßbündelordnung ſind dieſe:

1⁰ die Gefäßbündel des Seitenorganes, Wurzel, Blatt, Zweig, ſtehen



in Verbindung mit denjenigen des tragenden Stammes, ſo daß ein continuirlich zuſammenhängendes Syſtem entſteht. In dieſem Fall entbehrt der Stamm der ſtammeigenen Gefäßbündel. Dieß iſt der allgemeine und am häufigſten vorkommende Fall. Die Wurzel beſitzt unter allen Umſtänden eigene Gefäßſtränge, deren Anordnung nicht von den ſeitlichen Auszweigungen der Wurzel ſelbſt abhängig iſt. Die Zahl der in die Wurzel von dem tragenden Stamme oder Zweige einbiegenden Stränge iſt abhängig von den anatomiſchen Verhältniſſen in den tragenden Gebilden;

2⁰ der Stamm beſitzt eigene Gefäßbündel, welche nicht an diejenigen Stränge anſchließen, welche in das Blatt, beziehentlich die ſeitlichen Organe ausmünden. Dieſe Anordnung kommt nur bei wenigen niederen Gefäßpflanzen vor;

3⁰ verfolgt man die Blattſpuren im Stamme von unten nach oben, ſo verzweigen ſie ſich:

a) gabeläſtig, die Endigungen treten in das Seitenorgan;

b) ſie ſchließen in Maſchen gegenſeitig aneinander. Von den Maſchen verlaufen die Stränge, welche in das Seitenorgan ausmünden, Fig. 154.

Die Neigung der primären Gefäßſpuren zu den Paraſtichen und zur geometriſchen Axe des Stammes (Faſerverlauf) wurde zuerſt von A. Braun, Nägeli und Geiler unter-

Fig. 154. Skelett der Gefäßbündel in einem Opuntienſtamm. Die rhombiſchen Maſchen ſind mit einem feinveräſtelten Netzwerk von Gefäßbündeln ausgefüllt, ſo wie dieß mehrere Maſchen in dem unteren Theil der Figur zeigen, in den Schnittpunkten der Rhomben ſitzen die Haarbüſchel der Pflanze. Die Pfeile führen nach den 3er, 5er u. ſ. f. Paraſtichen. (Nach einer photographiſchen Pauſe.)

fucht. Die Frage, welche ich mir vorlegte, lautet: befteht eine Beziehung zwifchen der Richtung und der Neigung (zur geometrifchen Axe) der Holzfafer in dem gefchloffenen Holzcylinder zu der Richtung und Neigung der Paraftichenfyfteme?

Bei den Laubbäumen kommen, fo nach den Unterfuchungen NÄGELI's [1]), häufig zwei und mehr primäre Gefäßfpuren vor, welche in einem Blatte zur Vereinigung gelangen. Bei der Eiche, den Pappeln treten diefelben über die Cylinderfläche des Stammes hervor und können direct gefehen werden, Fig. 136. Die Bündel diefer Syfteme verlaufen bei der

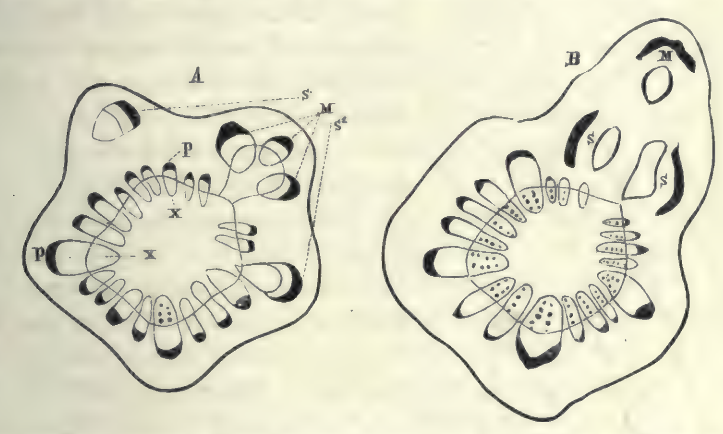


FIG. 155. Quercus Robur. Schema des Zweigquerfchnittes, *A* nahe unterhalb der Einfügung des Blattes, *M* das mediane, *s s'* die beiden feitlichen Gefäßbündel, welche in das Blatt eintreten, *x* der Holz-, *p* der Baftheil der Gefäßbündel. *B* ähnlicher Schnitt in der Einfügung. Die Anordnung *A* ift in der Kante *M s s* verändert, dadurch, daß *M s s* nun aus dem Zweigquerfchnitt nach der Blattbafis, dem Blattkiffen divergiren.

Eiche alle in dem Sinne einer und derfelben Schraubenlinie um den Stamm. Bei der Pappel aber find offenbar zwei gegenfinnige derartige Schraubenlinien vorhanden. Eine geht von *1* nach *2*, *3* u. f. f., alfo im Sinne der Grundfpirale, die andere fteigt in der Richtung der Paraftichen von *1* nach *3*, *5*, *7* u. f. f. In den interfoliaren Theilen des Zweiges bilden diefe Stränge, wie bekannt, im Querfchnitte ein Pentagon. Diefe Anordnung wird nur geftört in der Nähe eines Blattes, wo der Hauptftrang im Stammquerfchnitt gefchwächt wird oder ganz verfchwindet, weil er nach dem Blatte ausbiegt. Fig. 155 zeigt einen folchen Querfchnitt etwas unter dem Blatte, die mediane Gefäßbündelgruppe *M* tritt aus dem Pentagon heraus, das rechte Gefäßbündel *s* ift bereits in einem tieferen Niveau abgezweigt. Das Bündel

[1]) NÄGELI, Beiträge zur wiffenfch. Botanik, I. Heft. Das Wachsthum der Wurzeln und des Stammes bei den Gefäßpflanzen und die Anordnung der Gefäßftränge im Stengel. — H. F. GEILER in PRINGSHEIM's Jahrbüchern für wiffenfchaftl. Botanik. Bd. VI. Ueber den Gefäßbündelverlauf in den Laubblattregionen der Nadelhölzer.

s' beginnt ſoeben ſich aus dem Pentagon herauszulöſen: in der Fig. 155 *B*, welche durch die Einfügungsſtelle des Blattes gelegt wurde, ſind alle drei Spuren *M s s'* in ihrer Lage zu dem Querſchnitt des Zweiges verzeichnet.

Da der ſchiefe von der geometriſchen Axe des Organes abweichende Verlauf von den Paraſtichen des Stammes abhängt, ſo müſſen, unabhängig von äußeren Einflüſſen, die rechtswendigen Drehſtämme gerade ſo oft vorkommen, wie die linkswendigen. Selbſt von einem und demſelben Baume müſſen dem faſt ausnahmsloſen Geſetze gemäß, daß die Richtung der Grundſpirale von Zweig zu Zweig wechſelt, gerade ſo viel links-, wie rechtswendige Drehzweige vorkommen. Dieſe Geſetzmäßigkeit wird freilich durchbrochen dadurch, daß im weiteren Verlauf der Kronenentfaltung viele Zweige, Aeſte an im Voraus nicht beſtimmbaren Orten abſterben und abbrechen.

Die Neigung der Faſer zur geometriſchen Axe muß ſich unter allen Umſtänden für die jugendlichen Zuſtände, nachdem indeß das Organ in die Längsrichtung ausgewachſen iſt, ergeben aus dem Paraſtichenverlauf und den Längsdiſtanzen der Blätter. Aus dem erſteren kann man angeben, in wie viel Stammumläufen der Grundſpirale die Faſer einmal den Stamm umkreiſt. Aus den letzteren kann der Winkel angegeben werden, welchen die Faſerrichtung mit der geometriſchen Axe einſchließt. Geringe Längsdiſtanzen der Blätter, unterdrücktes Längenwachsthum muß dieſen Winkel vergrößern. Bedeutendes Längenwachsthum muß ihn verkleinern. In der That iſt es leicht, an Fichten, Kiefern, Eichen dieſe Schwankung im Winkel zu beobachten und auf das beſagte Verhältniß zurückzuführen. Ein ausgezeichnetes Studienmaterial für den Verlauf der primären Fibrovaſalmaſſen ſind die Abietineen: erſtens weil die Spuren am Stamm als Erhebungen auftreten und mit der oben beſchriebenen Methode der Rußabdrücke feſtgehalten werden können; zweitens weil je ein Blatt auf der Rinde nur eine einzige hervorragende Spur hinterläßt und drittens weil je nach der Stärke der Zweigordnungen in der Reihe 2, 3, 5, 8 u. ſ. f. der conſecutiven Paraſtichen niedere oder höherzählige im endlich ſtabilen Zuſtande zu Orthoſtichen werden. Die Faſer nun verläuft mit einer der Paraſtichen parallel. Ich ſchneide von einem und demſelben Baume mehrere Zweigrangklaſſen und beſtimme Zahl und Richtung der Paraſtichen, entrinde vorſichtig, ſo daß die Blattſpur in dem entblößten Holzkörper noch geſehen werden kann, und beſtimme an dieſem Object die Richtung der Faſer:

Fichte.

1⁰ Haupttrieb, Umfang 42 mm:

5 Paraſtichen links nach rechts,
8 » rechts nach links,
13 » links nach rechts;

mit dieſen letzteren ſteigt die Faſer.

2⁰ Zweig der dritten Ordnung, Umfang 25 mm:

3 Paraſtichen rechts nach links,
5 » links nach rechts,
8 » rechts nach links;

mit dieſen letzteren ſteigt die Faſer.

3⁰ Einjähriger Zweig der vierten Ordnung, 4 mm dick:

8 Paraſtichen links nach rechts,
5 » rechts nach links,
13 » rechts nach links;

mit dieſen letzteren ſteigt die Faſer.

4⁰ Zweiglein letzter Ordnung, 1 mm dick:

2 Paraſtichen rechts nach links,
3 » links nach rechts,
5 » rechts nach links;

mit den fünfern ſteigt die Faſer.

Kiefer.

1⁰ 6 mm dicker Aſt vorletzter Ordnung:

3 Paraſtichen links nach rechts,
5 » rechts nach links,
8 » links nach rechts;

die Faſer ſteigt mit den achtern.

2⁰ 5 mm dicker Aſt vorletzter Ordnung:

2 Paraſtichen links nach rechts,
3 » rechts nach links,
5 » links nach rechts;

die Faſer ſteigt mit den fünfern.

3⁰ 3 mm dicker Zweig, wie vorher, die Faſer ſteigt mit den fünfern von links nach rechts.

4⁰ Zweiglein 1,5 mm dick:

die 1er Grundſpirale links nach rechts,
» 2er Paraſtiche rechts nach links,
» 3er » links nach rechts;

die Faſer ſteigt mit der letzteren.

Wie weit der Spielraum für die Paraſtiche iſt, in welcher die Faſer verläuft, geht aus dieſen Meſſungen hervor. Bei der Fichte kann ſie verlaufen in der 3er, 5er und 13er, bei der Kiefer in der 3er, 5er und 8er. Man erſieht daraus, daß die Blattſtellung und der von ihr abhängige Faſerverlauf an einem und demſelben Baume ſich ſo verändern, daß mit wachſender Ordnungszahl der Zweige die Paraſtichen, welche in Betracht kommen, ſtetig geringer-zählig werden, zu je höherer Ordnung man fortſchreitet.

Wenn in den vier Zweigen der Fichte, welche in dieſem Sinne unter-

ſucht wurden, nun eine und dieſelbe Divergenz für die Grundſpirale herrſchte, ſo würde das Syſtem in einer gewiſſen geometriſchen Beziehung außerordentlich complicirt ſein. Nehmen wir an, es herrſche an allen Zweiglein die $^{8}/_{21}$-Divergenz für jeden Schritt der Grundſpirale, und ſuchen wir die Anzahl der ganzen Stammumläufe der Faſer zu beſtimmen für eine gegebene Stammlänge. Dieſe letztere möge (wie am nächſten liegt) beſtimmt ſein durch ganze Stammumläufe der Grundſpirale.

Wir erhalten für:

den Zweig 1 einen Faſerumlauf für 104 Umläufe der Grundſpirale,
» » 2 » » » 64 » » »
» » 4 zwei Faſerumläufe » 40 » » » .

Man erſieht, daß hier eine complicirte Beziehung zwiſchen dem Verlauf der Faſer und der Stellung der Blätter in der Grundſpirale herrſcht, welche in auffälligem Widerſpruch ſteht zu den einfachen Beziehungen, welche zwiſchen der Divergenz der Grundſpirale und den zugehörigen Paraſtichen herrſchen. Aehnliches würde ſich bei den Ableſungen an der Kiefer herleiten laſſen, wenn wir annehmen, der Divergenzwinkel ſei für alle Zweiglein der gleiche, und zwar $^{5}/_{13}$. Wir erhielten in:

dem Zweig 1 einen Stammumlauf der Faſer auf 40 Umläufe der Grundſpirale,
» » 2 » » » » » 25 » » »
» » 4 zwei Stammumläufe » » » 15 » » » .

Aus den Zahlen 40, 25, 15 erhält man aber, indem man ſie mit dem Nenner des ſeitlichen Divergenzbruches multiplicirt, die Anzahl der Blätter, und indem man die Vertical-Diſtanz zweier im Sinne der Grundſpirale aufeinander folgender Blätter einführt, die ganzen Stammumläufe der Faſer ausgedrückt in Blattdiſtanzen. Die Unwahrſcheinlichkeit, daß der gleiche Divergenzwerth für alle die angeführten Zweigordnungen gelte, wird dadurch zur Genüge dargeſtellt. Ganz anders geſtaltet ſich das Verhältniß, wenn man annimmt, daß der Werth der ſeitlichen Divergenz mit wachſender Ordnungszahl der Zweige ſinke von $^{8}/_{21}$ nach $^{5}/_{13}$, nach $^{3}/_{8}$ u. ſ. f. Wir erhalten alsdann, wenn der Divergenzwerth aus den höchſtzähligen Paraſtichen gebildet wird, für die Fichte:

im Haupttrieb 1 ſeitliche Divergenz $^{8}/_{21}$ einen Umlauf der Faſer auf 104 Umläufe der Grundſpirale,
» Zweig 2 » » $^{5}/_{13}$ einen Umlauf der Faſer auf 40 Umläufe der Grundſpirale,
» » 4 » » $^{3}/_{8}$ einen Umlauf der Faſer auf 18 Umläufe der Grundſpirale.

Für die Kiefer würden die Faſern ſo verlaufen:

im Aſt 1 $^{5}/_{13}$ ſeitliche Divergenz ein Umlauf der Faſer auf 104 Umläufe der Grundſpirale,

im Ast 2 $^3/_8$ seitliche Divergenz ein Umlauf der Faser auf 18 Umläufe der Grundspirale,
» » 4 $^2/_5$ » » ein Umlauf der Faser auf 6 Umläufe der Grundspirale.

Jetzt läßt sich ein einziger Umlauf der Faser in ganzen Umläufen der Grundspirale ausdrücken.

Die allgemeine Behandlung dieser Aufgabe hat ein morphologisches Interesse, sie ist indeß nur eine Erweiterung der früher behandelten Probleme (s. S. 253). Sie kann so ausgesprochen werden: «Wenn an einem regelmäßigen Zweige durch die Beobachtung bekannt sind: die seitliche Divergenz, diejenige Parastiche, in welcher die Faser verläuft, und der senkrechte Abstand zweier Blätter, so soll ein Stammumlauf der Faser ausgedrückt werden durch eine Stammlänge». Wir suchen zuerst die Anzahl geringer Stammumläufe der Faserparastiche auszudrücken durch ganze Stammumläufe der Grundspirale. Von einem gegebenen Blatte 0, dem ersten Schnittpunkt der zwei Spiralen, gehen wir aus und suchen als zweiten Schnittpunkt beider Schraubenlinien ein Blatt, welches in derselben Orthostiche liegen muß, in welcher 0 liegt. Offenbar muß die Zahl des zweiten Schnittpunktes so beschaffen sein, daß sie sowohl den Nenner des Divergenzbruches, als auch die coordinirte Parastichenzahl als gemeinsamen Theiler enthält. Es möge als Beispiel in der $^2/_5$-Stellung, wie bei der Eiche, der zweite Schnittpunkt gesucht werden für die 2er und 3er Faserparastichen. Für die erstere kann er nur 10, mit den gemeinsamen Theilern 5 und 2, für die letztere kann er nur 15, mit den gemeinsamen Theilern 5 und 3 sein. In derselben Weise erhält man in der $^3/_8$-Stellung für die 2er, 3er, 5er u. s. f. Faserparastichen das 8., 24., 40te u. s. f. Blatt als zweiten Schnittpunkt.

Nun ist es leicht, aus der Zahl des gefundenen zweiten Schnittpunktes die Anzahl der ganzen Kreisumläufe der Grundspirale zu finden. Sie ist offenbar gleich $Z/Q\,\gamma$, wo Z die Zahl des Blattes im zweiten Schnittpunkt, Q den Nenner des Divergenzwinkels und γ die Zahl der betreffenden Faserparastiche bedeuten. Für unsere beiden Parastichen der 2er und 3er in der $^2/_5$-Divergenz erhalten wir 4 Kreisumläufe für die 2er Faserparastiche und 6 Kreisumläufe für die Grundspirale bis zum zweiten Schnittpunkt mit der 3er Faserparastiche.

Auf jene ganzen Kreisumläufe der Grundspirale muß aber eine ganze Anzahl von ebensolchen für die betreffenden Parastichen kommen. Um diese letzteren zu erhalten, ist eine weitere Betrachtung nöthig; man muß die seitliche Divergenz jeder gegebenen Parastiche kennen. Diese findet man nach der obigen Abhandlung (s. S. 253), wenn man beachtet, daß alle zu einem gegebenen Divergenzwerth gehörigen Parastichen 2, 3, 5, 8

u. ſ. f. mit dem Zähler der gegebenen Divergenz multiplicirt und durch den Nenner dividirt eine kleine ganze Zahl zum Reſt laſſen. Dieſe iſt der Zähler ihrer ſeitlichen Divergenz, ſo erhalten wir für alle Paraſtichen der $^5/_{13}$-Stellung z. B.:

die 2er mit der ſeitlichen Divergenz $^3/_{13}$,
» 3er » » » » $^2/_{13}$,
» 5er » » » » $^1/_{13}$,
» 8er » » » » $^1/_{13}$.

Nennen wir allgemein den Divergenzwinkel P/Q, die dieſem Werthe gehörige Paraſtichenreihe n (2), n_2 (3), n_3 (5), n_3, n_4 u. ſ. f., ſo finden wir, daß bei der niedrigſten Paraſtiche der dritthöchſte Werth der Paraſtichenreihe im Zähler ihres Divergenzwinkels ſteht; in der nächſten iſt es der viertletzte Werth u. ſ. f., wie die beifolgende Tabelle zeigt:

Die Paraſtichendivergenz in Blattſtellungen nach

Paraſtichen		$^2/_5$	$^3/_8$	$^5/_{13}$	$^8/_{21}$	$^{13}/_{34}$	$^{21}/_{55}$	$^{34}/_{89}$	$^{55}/_{144}$
n	2	$^1/_5$	$^3/_8$	$^3/_{13}$	$^5/_{21}$	$^8/_{34}$	$^{13}/_{55}$	$^{21}/_{89}$	$^{34}/_{144}$
n^1	3	$^1/_5$	$^1/_8$	$^2/_{13}$	3	5	8	13	21
n^2	5	0	$^1/_8$	$^1/_{13}$	2	3	5	8	13
n^3	8		0	$^1/_{13}$	1	2	3	5	8
n^4	13			0	1	1	2	3	5
n^5	21				0	1	1	2	3
n^6	34					0	1	1	2
n^7	55						0	1	1
n^8	89							0	1
n^9	144								0

In dieſer Tabelle ſind die Nenner der in einer Colonne ſtehenden Brüche nur bis zum dritten Divergenzwerth verzeichnet, in den übrigen wurden ſie, da ſie nicht veränderlich ſind, weggelaſſen.

Um nun zu den früher gefundenen Blättern im zweiten Schnittpunkte (der Grundſpirale mit einer beliebigen gegebenen Faſerparaſtiche) die ganzen Kreisumläufe dieſer letzteren durch eben ſolche der Grundſpirale ausgedrückt zu erhalten, dividiren wir mit dem aus der vorſtehenden Tabelle erhaltenen Zähler der ſeitlichen Divergenz (der Paraſtiche) in den Nenner der ſeitlichen Divergenz der Grundſpirale. Der Quotient iſt offenbar die Anzahl der Blätter, welche auf einen Kreisumlauf der betreffenden Paraſtiche vertheilt ſind. Derſelbe kann eine gebrochene Zahl ſein, weil offenbar in einem Umgang der Paraſtiche eine ganze Anzahl von Schritten der Grundſpirale nicht vorzukommen braucht. Sucht man nun zu jener gebrochenen Zahl denjenigen Multiplicator, welcher eine ganze Zahl iſt und ſo beſchaffen ſein muß, daß das Product eine ganze Zahl iſt, ſo iſt der Multiplicator die

ganze Anzahl von Kreisumläufen der Grundſpirale. Das ſoeben erhaltene Product aber iſt die Zahl der Blätter, welche die Faſerparaſtiche in dieſer Bahn berührt.

Als Beiſpiel möge die 2er einer Faſerparaſtiche der $^{13}/_{34}$-Stellung gewählt ſein. Ihr zweiter Schnittpunkt mit der Grundſpirale iſt das Blatt 34. Sie verbindet die Blätter 0, 2, 4 u. ſ. f. unter der Divergenz $^{8}/_{34}$. Auf einen ihrer Umläufe kommen offenbar $^{34}/_{8}$ Blätter gleich $4^{1}/_{4}$. Die nächſte ganze Anzahl von Blättern, welche gefordert iſt, wird erhalten, indem wir $4^{1}/_{4}$ mit 4 multipliciren, demgemäß iſt 4 die Anzahl ganzer Umläufe. 17 iſt die Anzahl der dabei verbundenen Blätter, und dieſe iſt gleich der Hälfte der durch die Grundſpirale in 13 Umläufen berührten.

Die nachfolgende Tabelle, welche mit Hilfe der erſten (S. 278) benutzt, alle hier einſchlägigen Beſtimmungen bis zur $^{21}/_{55}$er erſchöpft, ſchließt ſich aber nur dann derjenigen Geſetzmäßigkeit an, welche in erſterer Tabelle in den Divergenzen der Faſerparaſtichen ihren Ausdruck findet, wenn wir für 2 Divergenzwerthe eine Ausnahme von der Aufgabe machen, «die kleinſte ganze Zahl von Kreisumläufen aufzuſuchen».

	$^{2}/_{5}$			$^{3}/_{8}$			$^{5}/_{13}$			$^{8}/_{21}$			$^{13}/_{34}$			$^{21}/_{55}$		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
				16	6	2							68	26	8			
2	10	4	1	8	3	1	26	10	3	42	16	5	34	13	4	110	42	13
										63	24	3						
3	15	6	1	24	9	1	39	15	2	21	8	1	102	39	5	165	63	8
5				40	18	1	65	25	1	105	40	2	170	65	3	275	105	5
																55	21	21
8							104	40	1	168	64	1	136	52	2	440	168	3
13										273	104	1	442	169	1	715	273	2
21													714	441	1	1155	431	1
34																1970	714	1

Dieſe Ausnahmen wurden gemacht für die 2er in der $^{3}/_{8}$-Divergenz, wo alle Zahlen unter I, II, III verdoppelt wurden, ferner in der $^{8}/_{21}$-Divergenz für die 3er, wo alle Zahlen ebendaſelbſt verdreifacht, in der $^{13}/_{35}$-Divergenz für die 2er, wo alle Zahlen verdoppelt, und endlich in $^{21}/_{55}$-Divergenz für die 5er, wo alle Zahlen fünffach geſetzt wurden.

Die Tabelle enthält unter I die Anzahl der Blätter, welche zwiſchen dem erſten und dem zweiten Schnittpunkt der Grundſpirale und der Paraſtiche liegen, unter II die ganzen Stammumläufe der Grundſpirale, unter III dieſelben für die Paraſtiche zwiſchen jenen Schnittpunkten.

3. Homodromie und Antidromie.

Bei der Fichte und allen Picea-Arten, bei der Tanne und allen Abies-Arten und wohl auch bei allen Kiefern gilt in Hinficht der in dem ftabilen fertigen Syftem herrfchenden Paraftichen das Folgende:

„Alle an der Stammoberfläche kenntlichen Gefäßfpuren verlaufen in der Richtung einer Paraftiche von beftimmter Zähligkeit. Bei dem Stamm und einem folchen herrfchenden Aft, welcher nahezu gleiche Mächtigkeit mit dem Stamm erreicht, ift es die 13er, bei dem Zweig höherer Ordnung ift es die 8er, bei einem Zweig der letzten Ordnungen ift es die 5er. Ja, es gibt dünne, ganz unterdrückte Fichtenzweiglein, an welchen die charakteriftifchen Fibrovafalfpuren in den 3er Paraftichen verlaufen. Aus den experimentell beftimmten Richtungen zweier confecutiven Paraftichen an einem gegebenen Zweig kann man nach der Tabelle, S. 258, nun leicht die Richtung der niederen bis zur 1er (alfo der Grundfpirale) auffinden. Von den aufeinanderfolgenden Zweiglein 1, 2, 3 u. f. f. eines tragenden Aftes bei der Fichte findet man nun, fowohl:

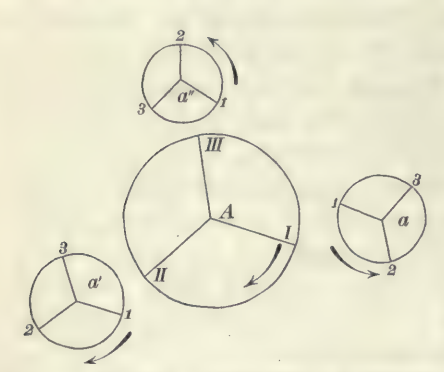


Fig. 156. Schema der Auszweigungsfolge von Alnus glutinosa (nach der Natur). Die Divergenz in dem Haupttrieb *A*, fowie in den Zweigen der erften Ordnung ift $^1/_3$. Die Spirale fteigt, nach dem kurzen Weg gerechnet, in *A* von links nach rechts, in *a* von rechts nach links, in *a'* von rechts nach links, in *a''* von links nach rechts.

a) 1 antidrom, 2 homodrom, 3 antidrom, bezogen auf die tragende Axe, als auch

b) 1 antidrom, 2 antidrom, 3 homodrom, bezogen auf die tragende Axe,

c) 1 homodrom, 2 homodrom, 3 homodrom, bezogen auf die tragende Axe.

Diefe fcheinbare Gefetzlofigkeit ift leicht erklärlich: von den vielen möglichen Axillarfproffen bei den Abietineen werden nur wenige ausgebildet und die Stellung diefer ift eine regellofe: um zu entfcheiden, ob in der Reihe der möglichen Axillarfproffe 1, 2, 3, 4 u. f. f. das Gefetz des fteten Wechfels in der Richtung der Grundfpirale herrfcht, hat man aufzufuchen:

1⁰ die Richtung der Grundfpirale in der tragenden Axe,

2⁰ die Richtung der Grundfpirale in drei aufeinanderfolgenden Zweiglein der nächften Ordnung,

3⁰ die Ziffern, welche denjenigen Blättern in der Bezifferung der Grundfpirale an dem tragenden Afte zukommen, zu welchen die drei Zweiglein gehören.

Die Beſtimmungen, welche ich in dieſem Sinne an Picea excelsa und rubra, Abies pectinata und alba ausführte, ergaben dasſelbe Reſultat:

Die Richtung der Grundſpirale wechſelt von einem nach dem andern Axillarſproß des nächſt höheren Blattes.

Ich führe eine der Verſuchsreihen aus an einem Zweig der Fichte mit drei Seitenzweiglein:

1⁰ Die tragende Axe zeigt 8 Paraſtichen von rechts nach links,
» » » » 5 » » links » rechts.

Die Richtung der Grundſpirale iſt ſomit von rechts nach links nach der Tabelle S. 257.

2⁰ Im unterſten Seitenzweig die 3er von rechts nach links,
» » » » 2er » links » rechts,
die Grundſpirale ſomit von rechts nach links.

Im nächſt oberen die 3er von links nach rechts,
» » » » 2er » rechts » links,
die Grundſpirale ſomit von links nach rechts.

Im oberſten die 5er von links nach rechts,
» » » 3er » rechts » links,
die Grundſpirale ſomit von rechts nach links.

3⁰ Gibt man dem unterſten Zweiglein die Ziffer o, ſo wird das oberſte durch 2 Schritte der 13er erreicht, dieſes heißt ſomit 26. Das nächſtoberſte, bezogen auf o, wird erreicht durch 3 Schritte der 8er und 1 Schritt der 5er aufwärts und 1 Schritt der 8er abwärts, es heißt ſomit 21. In der Reihe der möglichen Axillarſproſſe 1, 2, 3 u. ſ. f. würden, bezogen auf unſer Ausgangszweiglein o, alle geradezähligen homodrom, alle ungeradezähligen antidrom ſein. In der That ergibt ſich aus den Beobachtungen unter 2 und 3 die Richtung der Grundſpirale

im Zweiglein o von rechts nach links,
» » 21 » links » rechts,
» » 26 » rechts » links.

Aus den Beobachtungen ergibt ſich die Methode in wenigen Worten: um zu entſcheiden, ob an einem dicht beblätterten Syſtem, an welchem nicht alle Zweige ausgebildet werden, die Richtung der Grundſpirale von Axillarſproß zu Axillarſproß ihre Richtung verändert, hat man nachzuweiſen, daß die geradezähligen Zweige, bezogen auf den Ausgangszweig homodrom, die ungeradezähligen antidrom ſind, bezogen auf die tragende Axe.

§ 20. Isospore Gefässkryptogamen. I. Equiseten.

Die Stufenreihe nach der anatomiſchen und morphotiſchen Gliederung geordnet ſtellt die Equiſeten als diejenigen Gefäßpflanzen zu unterſt, welche noch deutliche Anpaſſung an das Leben im Waſſer zeigen. Es folgen die Farrenkräuter und Lycopodiaceen. Wie ſchon oben angedeutet, beſteht in der Form ſo gut wie gar kein gegenſeitiger Anſchluß, während durch die Keimungsgeſchichte die Blutsverwandtſchaft als erwieſen angeſehen werden muß.

A. Morphologie des Stammes.

Mit den Equiſeten treten ganz abgeſehen von der geſchlechtertragenden Generation zum erſten Mal in der Kette der Verwandtſchaftskreiſe, welche bisher verfolgt wurden, zwei vegetative Sproßformen auf. «Ein unterirdiſches perennirendes kriechendes Rhizom, an welchem aus der Baſis die rudimentären Blattwirtel mit blaſſen Blattſchuppen verſehen und die ebenfalls im Quirl ſtehenden Wurzeln gebildet werden.» An dem horizontal fortwachſenden Rhizom entſtehen axillare Zweige, welche ſenkrecht nach oben wachſen. Sie ſtellen die zweite Sproßform dar. Von Jahr zu Jahr entſtehen mehrere ſolcher grün gefärbter Laubzweige. Die vegetative Vermehrung herrſcht bei den Equiſeten vor. Sie wird vermittelt durch Bruchſtücke des Rhizomes und durch Brutknoſpen als metamorphe Axillartriebe, während die Sporengeneration (wenigſtens jetzt) in der freien Natur ſelten vorkommt. Der Habituscharakter liegt in der Gliederung des Stammes, derſelbe zerfällt ſtreng architektoniſch in Blattquirlſtücke und hohle Interfolien. Die Blätter ſind rudimentäre Schuppen von geringer Ausdehnung, welche an der Baſis in einer Scheide verwachſen ſind. Aus dem Quirl entſpringen die Seitenzweige. Das Syſtem iſt ſich ſelbſt ähnlich bis zur 3.—4. Ordnung verzweigt.

B. Theilung und Zuwachs am Vegetationspunkt[1]).

Der Vegetationspunkt der Equiſeten iſt ein ſteiler Kegel, an welchem die Blattquirle dicht gedrängt mit allmäliger Verjüngung nach der Scheitelzelle zu ſtehen. Der Scheitel wird von einer einzigen dreiſeitigen, verkehrt pyramidalen Scheitelzelle beherrſcht, die Segmentbildung iſt ähnlich wie bei den Mooſen im Beginn mit cycliſcher Lage der Segmente. Bis ganz nahe an den Scheitel treten, allmälig kleiner werdend, die Hohlräume der

---

[1]) Rees, Pringsh. Jahrb. Bd. VI.

Interfolien gegenseitig getrennt durch die Gewebequerplatten der Knoten auf. Da die Segmentirung am Scheitel, wenn nicht andere Wachsthumsmodalitäten mitwirkten, zu einer schraubenlinigen (cyclischen) und nicht zur Wirtelstellung führen würde, ist es von Interesse den Vorgang der Quirlbildung aus den Segmenten zu studiren. Die ursprüngliche Anlegung der Segmente ist $^1/_3$, je drei bilden einen Segmentumlauf nach der Fig. 111 *B* bei den Moosen. Der Quirl läßt sich auf drei Segmente zurückführen, welche sich zunächst in Sextanten theilen. Zwischen einem Segmentumlauf und dem zweiten muß eine merkliche Pause eintreten, ehe das erste Segment des neuen Umlaufs auftritt. Während dieser Zeit theilen sich die Segmente regelmäßig durch radial und tangential gestellte Wände. Die jüngeren Segmente des Umlaufs gleichen sich mit den älteren aus. Es entstehen sechs (und andere Multipla von 3) Gewebegruppen, welche in gleichem Niveau liegen, die Initialen des Quirls darstellen, durch Gabelung aus den einzelnen Gliedern höhere Zahlen. Die Innenzellen des Segmentes theilen sich und bilden das Mark, die Außenzellen bilden die anfänglich mit einer Scheitelzelle wachsenden Blattanlagen, welche an der Basis in eine Scheide verwachsen bleiben. Mit der Streckung spalten sich die markbildenden Innenzellen eines Segmentumlaufes von den nächst oberen und unteren und stellen eine aus 4—5 Zellenlagen bestehende Querplatte (Diaphragma) zwischen den luftführenden Höhlen der Interfolien dar. Die Zahl der Blattzähne schwankt zwischen 3, 4, 7, 8 und Multiplen von 3. Die aufeinanderfolgenden Quirle alterniren. Bei monströsen Ausbildungen lösen sich die Quirle in die cyclische Blattstellung auf. Die Seitenzweige sind Axillarsprosse und wachsen in übereinstimmender Weise mit dem Haupttrieb. Auch die Wurzel wächst mit einer einzigen dreiseitigen Scheitelzelle, welche nach Außen die Initialzelle für die Wurzelhaube abscheidet. Die Wurzeln entspringen in der Nähe des Stammknotens in Quirlen im Innern des Rindegewebes.

C. Die Anatomie des Stammes.

Bei den Equiseten tritt die Ausbildung der Fasergewebe bis auf die Bildung der Spiralgefäße zurück. Der Querschnitt der Stämme zeigt unter der spaltenführenden Epidermis sich differenzirt in eine periphere Schale von Grundgewebe, in welchem 5—8 primäre, luftführende Intercellularräume stehen, welche mit ebensoviel primären Gefäßbündeln in gleichem Abstande alterniren. Die letzteren sind umgeben von der aus einer Zellenlage gebildeten Schutzscheide[1]). Das Gefüge des Stammes ist durch die luftführenden Interfoliarräume des Markes und die Intercellularräume der

[1]) PFITZER, Ueber die Schutzscheide der Equiseten. PRINGSH. Jahrb. Bd. VI.

Rinde ein lockeres. Die Feſtigkeit des Syſtemes wird vorzugsweiſe durch die mit Kieſelſäure inkruſtirte Epidermis und die peripheren Gewebelagen hergeſtellt. Das Gefäßbündel enthält wenige Spiral- und Ringgefäße, welche von einer Gruppe geſtreckter Leitzellen umgeben ſind. Die Anatomie zeigt ſomit die charakteriſtiſchen Züge der waſſerbewohnenden Gefäßpflanzen.

D. Sexuelle Fortpflanzung.

Die Sporangien entſtehen als Seitenzweige oder Blattanlagen an dem Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze, entweder am Haupttrieb dieſer, oder an einem beſonderen von dem perennirenden Rhizom entſpringenden Aſte. In der Anlage unterſcheiden ſich



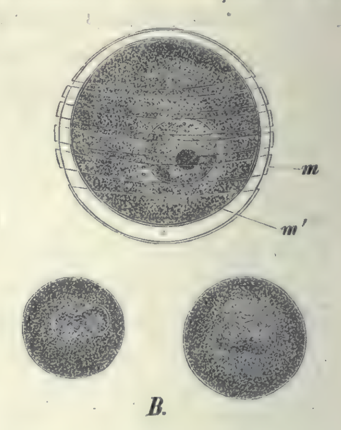


Fig. 157. Equisetum hyemale. *A* Mutterzelle mit vier Zellkernen und nach der Theilung in zwei Tochterzellen. *B* halbreife Spore, in *m m'* differenziren ſich die Elateren.

die Sporangien bis zur weiter vorgeſchrittenen Theilung nicht von den Blattanlagen. Der Kegel bleibt verkürzt. Die Sporangien platten ſich zu 6—8ſeitigen Schildern durch den gegenſeitigen Drück ab. Zur Zeit der Sporenanlegung iſt das Sporangium ein geſtielter ſchildförmiger Körper, deſſen Schildfläche in der Außenfläche des Zapfens liegt; die Sporenſäcke in der Anzahl von 2—5 ſitzen dieſem nach der Stammaxe zugekehrt an.

Das Sporangium beſitzt eine zur Zeit der Reife elaſtiſch geſpannte und aufreißende Wandſchicht, welche die Sporenmutterzellen umgeben.

Das Charakteriſtiſche in der Entwicklung der Equiſetenſpore liegt darin, daß nachdem die Sporenmutterzelle durch Zwei- oder Viertheilung der Mutter- und Urmutterzellen entſtanden iſt, durch Vollzellbildung der geſammte Plasmainhalt nochmals in eine kuglige Membran *m'* eingehüllt und die Mutterzelle *m* ſich in zierliche Spiralbänder zerklüftet, welche bis zur Sporenreife erhalten bleiben und als elaſtiſch hygroſkopiſche Elateren die Auflockerung und Zerſtreuung des Sporenpulvers erleichtern. Die Keimung der kugligen mit Chlorophyllplasma erfüllten Sporen beginnt bald nach der Ausſaat auf eine feuchte Unterlage. Das Endosporium bildet zunächſt eine Kette von tonnenförmig angeſchwollenen und zuweilen gekrümmten chlorophyllführenden Zellen, von welchen ſehr bald die erſten ungegliederten

Wurzelzellen hervorsprossen. In dem weiteren Verlauf der Ausbildung unterscheidet sich das männliche von dem weiblichen Prothallium. Das männliche ist von der Ansatzstelle an die Spore ab unregelmäßig flächenförmig, am apicalen Rande unregelmäßig dichotomisch gelappt, aber im Allgemeinen weniger verzweigt als das weibliche. Die Antheridien entstehen in der Mehrzahl der Fälle aus den Endläppchen zur Zeit, wo diese noch wenigzellig sind. Dieselben gliedern sich in eine Wandschicht, welche aus einer Zellenlage besteht, und mehrere im Innern der Fläche belegene Urmutterzellen für die Spermatozoiden. Hierdurch unterscheidet sich das Antheridium von demjenigen der Farrenkräuter, wo die Entwicklung mit einer einzigen Urmutterzelle beginnt. Die Mutterzellen theilen sich in zahlreiche cubische Zellchen, von welchen jede ein Spermatozoid ausbildet, daselbe unterscheidet sich von den Spermatozoiden der Moose und übrigen Kryptogamen durch eine breite Flosse an der breitesten Windung, Fig. 158.



Fig. 158. Spermatozoiden der Equiseten. (Nach Schacht, Die Spermatozoiden des Pflanzenreichs.)

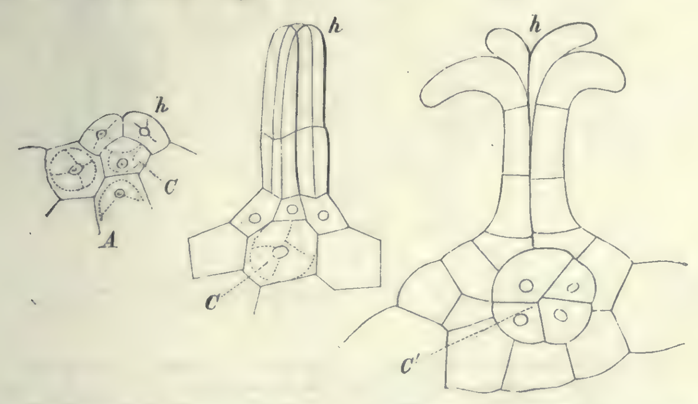


Fig. 159. Archegonium von Equiseten. *A* Anlage des Archegonium, *C* Centralzelle, *C'* vierzelliger Embryo, *h* Halscanal.

Das weibliche Prothallium[1]) ist reicher verzweigt, die einzelnen Lappen sind länger und kraus, die Archegonien entstehen an der Basis der Läppchen aus zwei Oberflächenzellen *h*, Fig. 159, welche durch wiederholte Theilung den Halscanal bilden. Die Centralzelle *C*, Fig. 159, wird zur Gonosphäre. Der Halscanal besteht aus vier Zellreihen, welche 2—3 Mal gegliedert sind. Er öffnet sich durch Zurückschlagen der vier oberen

[1]) Bei der Aussaat der Sporen treten die männlichen Prothallien reichlicher auf als die weiblichen.

geſtreckten Zellen. Die befruchtete Keimzelle theilt ſich in vier Quadrantenzellen *C'*, Fig. 159.

Die Entwicklung der vierzelligen Keimanlage *C'* läßt ſich in dieſem Sinne verfolgen: eine der Zellen wird zur Wurzel, die diagonal gegenüberliegende wird zum Vegetationspunkt des Stammes, die beiden anderen

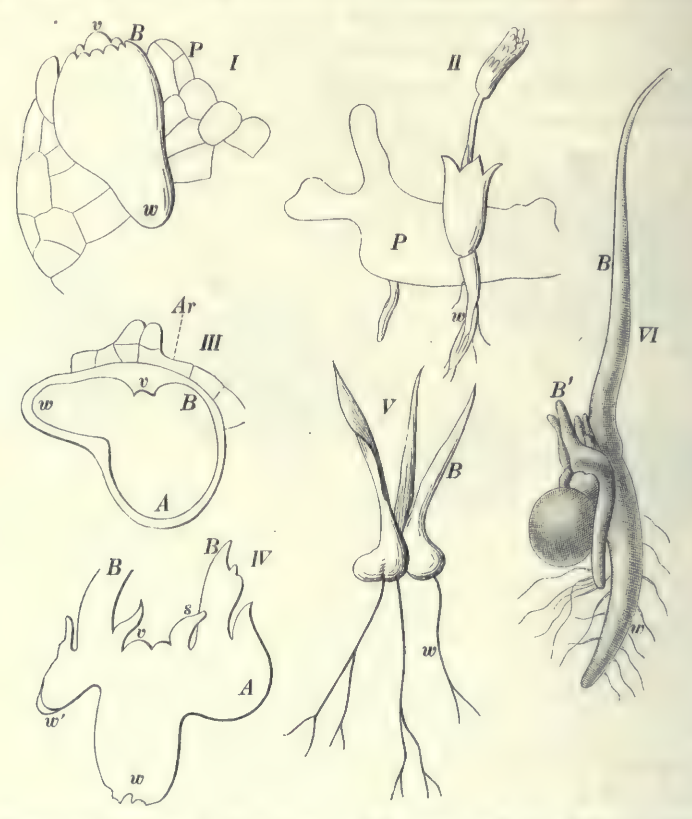


Fig. 160. Schematiſche Darſtellung der Keimpflanzen. *I II* Equisetum, *w* Wurzel, *B* Blattwirtelanlage, *v* Vegetationspunkt des Stammes, *P* Prothallium. *III—V* Isoëtes, *B* das Keimpflänzchen, *w w'* die Wurzeln, *v* Vegetationspunkt, *A* primäre Axe. *VI* Marsilea, Keimpflanze noch mit der Makroſpore in Verbindung, *B B'* Blätter, *w* Wurzel. Der Vegetationspunkt der beblätterten Axe iſt zwiſchen den erſten Blättern *B B'* und noch drei cylindriſchen Blattwarzen eingeſchloſſen. Die ganze Keimpflanze iſt noch mit ihrer primären Axe mit der Makroſpore verwachſen.

werden zum Ringwall an der primären Axe. Die junge Pflanze verharrt einige Zeit in dem Prothallium, ihre Axe iſt etwas zur Axe der lothrecht ſtehenden Prothalliumzweige geneigt, Fig. 160 *I*. Endlich durchbricht die Wurzel nach abwärts, der Stamm nach aufwärts wachſend daſſelbe, Fig. 160 *II*. Die Entwicklung der Keimanlage von den Quadrantenzellen ab hat, dem Bau des vegetativen Equiſetenkörpers entſprechend, keinen Anſchluß an die übrigen Gefäßkryptogamen.

E. Systematische Uebersicht.

Die Equiseten haben den geringsten morphotischen Anschluß. In der Urzeit waren sie von baumartiger Größe, sie sind jetzt zu unbedeutenden perennirenden Rhizompflanzen herabgesunken. Eine einzige Gattung, Equisetum, mit zwei morphologisch nach der Wuchsform unterschiedenen Sectionen. Der allgemeine Verlauf des Wachsthums kann durch dieses Schema ausgedrückt werden, wenn man sich vorstellig macht, daß das horizontale Rhizom in der Richtung des Pfeiles unter dem Boden wachse:

I. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Fruchttriebe axillar } Laubtriebe axillar }
← Rhizomspitze ..... Rhizomglieder
|
← Dichotomer Seitenzweig des Rhizoms ... Rhizomglieder }
Endogene Brutknospen. Wurzeln in Quirlen. }

Von dem horizontalen Rhizom entspringen zuerst die sporangientragenden, aus Axillarsprossen entstehenden Triebe im Frühling. Im Sommer folgen die blatttragenden: Heterocaulia, Equisetum arvense, Telmateja.

Von dem Rhizom entspringen nur beblätterte Zweige, welche mit ihren End- oder Seitentrieben mit den Sporangien abschließen: Homocaulia. Equisetum sylvaticum, pratense, palustre, hyemale, elongatum.

Die Vermehrung durch Sporen ist in der freien Natur bisher nicht beobachtet. Sie spielt jedenfalls gegenüber der vegetativen durch Sporenbildung und Brutknospen eine geringe Rolle.

---

§ 21. Isospore Gefässpflanzen. II. Farrenkräuter, Filices[1]).

A. Generation.

Die Farrenkräuter schließen in ihrer anatomischen Gliederung und ihrer Morphologie eher an alle höheren Formen als an irgend eine Gruppe der bisher betrachteten Kryptogamen an. Die Stellung dieser prächtigen

[1]) **Literatur: Gefässkryptogamen.**

1⁰ Equiseten.

J. Milde, Ueber Antheridien bei keimenden Equiseten. 448. Bot. Ztg. 50. Pringsheim, Notiz über die Schleuderer von Equisetum. 241. Bot. Ztg. 53. — G. W. Bischoff, Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Equiseten. 97. Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Lebermoose. 113. Bot. Ztg. 53. — C. Sanio, Beitrag zur Kenntniß der Entwicklung der Sporen von Equisetum palustre. 177. 93. Bot. Ztg. 56. Einige wei-

Pflanzen wird am beften überfchaut, wenn die Entwicklung von der Spore hergeleitet wird.

Die auf feuchter Unterlage keimende Farrenfpore fprengt nach wenigen Tagen das Exosporium. Das Endosporium bildet eine Flächenzelle, welche fich mehrfach in der Fläche theilt oder zunächft zu einem mehrzelligen Fadenkeim auswächft, um zuletzt Flächenform anzunehmen. Diefes Pro-

tere Bemerkungen über die Sporenentwicklung bei den Equifeten. 657. Bot. Ztg. 57. — Dr. Ernst Pfitzer, Ueber die Schutzfcheide der deutfchen Equifetaceen. Jena. Fr. Frommann. 1867. — Hofmeister, Vergl. Unterf. d. höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. — M. Rees, Zur Entwicklungsgefchichte der Stammfpitze von Equisetum. Pr. Jahrb. Bd. VI. Seite 209. 1867—68. — A. Millardet, *Le Prothallium mâle des cryptogames vasculaires. Strasbourg.* G. Silbermann. 1869. — Ed. v. Janczewski, Vergl. Unterf. über die Entwicklungsgefch. des Archegoniums. 377. 401. 440. Bot. Ztg. 72. — Chr. Lürssen, Kleinere Mittheilungen über den Bau und die Entwicklung der Gefäßkryptogamen. 625. 641. Bot. Ztg. 73.

2⁰ Farrenkräuter.

H. Schacht, Beitrag zur Entwicklungsgefch. des Sporangiums wie der Sporen einiger Farrenkräuter. 537. 53. Bot. Ztg. 49. Ueber ein neues Secretionsorgan im Wurzelftock von Nephrodium filix mas. Pr. Jahrb. Bd. III. Seite 352. 1863. — A. Fischer v. Waldheim, Ueber die Entwicklung der Farrenfporen. Pr. Jahrb. Bd. IV. Seite 349. 1864. — Max Rees, Zur Entwicklungsgefchichte des Polypodiaceensporangiums. Pr. Jahrb. Bd. V. Seite 217. 1866—67. Bemerkungen zur Entwicklungsgefchichte des Polypodiaceensporangiums. 198. Bot. Ztg. 67. — H. G. Holle, Ueber Bau und Entwicklung der Vegetationsorgane der Ophiogloffeen. 241. 265. 281. 297. 313. Bot. Ztg. 75. — W. Burck, Vorläuf. Mittheil. über die Entwicklungsgefch. des Prothalliums von Aneimia. 499. Bot. Ztg. 75. — L. Kny, Entwickl. d. Parkeriaceen. Nov. act. d. Kaif. Leop. Carol. Deutfch. Ak. d. Naturforfcher. Bd. XXXVIII. Nr. 4. — Dr. W. G. Farlow, Ueber ungefchlechtliche Erzeugung von Keimpflänzchen aus Farren-Prothallien. 180. Bot. Ztg. 74. — H. Bauke, Entwicklungsgefchichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen, verglichen mit derfelben bei den anderen Farrenkräutern. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 49. — Hofmeister, Vergleich. Unterfuchungen. — Kuntze, Farrenkräuter. Leipzig. E. Fleifcher. 1840. — Dr. L. Kny, Die Entwicklung der Parkeriaceen, dargeft. an Ceratopteris thalictroides, Brongn. Dresden. E. Blochmann & Sohn. 1875. Beiträge zur Entwicklungsgefchichte der Farrenkräuter. Pr. Jahrb. VIII. S. 1. — H. Schacht, Die Spermatozoiden im Pflanzenreiche. Braunfchweig. Vieweg. 1864. — E. Strasburger, Die Befruchtung bei den Farrenkräutern. Pr. Jahrb. Bd. V. Seite 390. 1866—67. — Dr. L. Kny, Ueber den Bau und die Entwicklung des Farren-Antheridiums. (A. d. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiffenfch. Berlin 1869.) Buchdruckerei d. Kgl. Akad. d. Wiffenfch. Berlin. — Dr. Chr. Lürssen, Die Pflanzengruppe der Farrenkräuter. Berlin. C. G. Lüderitz'fche Buchhandlung (Carl Habel). 1874.

3⁰ Ifoëteen und Lycopodiaceen.

Hofmeister, Lycopodiaceen und Ifoëteen. Vergl. Unterfuchungen, Leipzig 1851, und Berichte der phyf.-math. Sect. Leipzig. — A. Braun, Ueber eine neue in Neufeeland entdeckte Art der Gattung Isoëtes. Monatsber. d. K. Akad. d. Wiffenfch. 1869. — Ludwig Jurányi, Ueber den Bau und die Entwickl. des Sporangiums von Psilotum triquetrum. 177. Bot. Ztg. 71. — Methenius, Ueber die Sporen von Isoëtes. 688. Bot. Ztg. 48.

thallium wächst zu einem zierlichen flachen Lager mit eingebuchtetem Scheitel; es wurzelt mit Haaren, welche aus der Unterseite entsprossen. Bis auf die mediane Mittelrippe ist dasselbe eine einfache Zellenfläche; in dem Scheitel, welcher je nach den Arten an dem vorderen Ende frei oder in

— F. Hegelmaier, Zur Morphol. der Gattung Lycopodium. 773. 789. 805. 821. 837. Bot. Ztg. 72. — Ed. Stasburger, Einige Bermerk. über Lycopodiaceen. 81. 97. 113. Bot. Ztg. 73. — J. Fankhauser, Ueber den Vorkeim von Lycopodium. 1. Bot. Ztg. 73. — F. Hegelmaier, Zur Kenntniß einiger Lycopodieen. 481. 497. 513. Bot. Ztg. 74.

4⁰ Rhizocarpeen und Selaginella.

Hofmeister, a. a. O. s. oben. — N. Pringsheim, Zur Morphologie der Salvinia natans. Jahrb. Bd. III. S. 484. — J. Hanstein, Die Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilea. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 197. 1864. — F. Hildebrandt, Ueber d. Schwimmblätter von Marsilea und einiger anderer amphibischen Pflanzen. 1. 17. Bot. Ztg. 70. — W. Pfeffer, Die Entwicklung des Keimes der Gattung Selaginella. (Hanst. 4. Heft. 1871.) — E. Strasburger, Ueber Azolla (mit 7 Tafeln). Jena. H. Dabis. 1873.

5⁰ Gymnospermae.

W. Hofmeister, Ueber die geographische Verbreitung der Coniferen im Hymalaya. 177. Bot. Ztg. 46. — L. Dippel, Zur Histologie der Coniferen. 169. Bot. Ztg. 62. — H. Schacht, Ueber den Stamm und die Wurzel der Araucaria brasiliensis. 409. 17. Bot. Ztg. 62. — H. v. Mohl, Einige erläuternde Bemerkungen zu der von Prof. Schacht gegen meine Darstellung des Coniferenholzes erhobene Reclamation. 460. Bot. Ztg. 62. — L. Dippel, Zur Histologie der Coniferen. 253. Bot. Ztg. 63. — Gr. Kraus, Ueber den Bau der Cycadeenfiedern. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 305. 1864. — F. Thomas, Zur vergleichenden Anatomie der Coniferen-Laubblätter. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 23. 1864. — Dr. Christ, Die Formenkreise der europäischen Pinusarten. 213. 21. 29. Bot. Ztg. 65. — Dr. Th. Hartig, Ueber die Luftsäcke des Nadelholz-Pollen. 388. Pollenzwillinge. 338. Ueber den Fovillaschlauch der Pollenzelle. 388. Bot. Ztg. 67. — H. Th. Geyler, Ueber den Gefäßbündelverlauf in den Laubblattregionen der Coniferen. Pr. Jahrb. Bd. VI. S. 55. 1867—68. — Hofmeister, Vergl. Unters. Leipzig 1851. Vergl. auch die englische Uebersetzung. — C. Seehaus, Ist die Eibe ein norddeutscher Baum? 33. Bot. Ztg. 62. — L. C. Treviranus, Welwitschia mirabilis, J. Hook. 185. Bot. Ztg. 63. — Dr. G. Engelmann, Ueber die Charaktere der Abietineen-Genera. 484. Bot. Ztg. 68. — A. Röse, Taxus baccata L. in Thüringen. Bot. Ztg. 64. S. 298. — Dr. Ed. Strasburger, Die Befruchtung bei den Coniferen. Jena. Herm. Dabis (Otto Deistung's Buchhandlung). 1869. — A. de Bary, Notizen über die Blüthen einiger Cycadeen. 574. Bot. Ztg. 70. — Dr. Pfitzer, Unters. über die Entwicklung des Embryos der Coniferen. 893. Bot. Ztg. 71. — R. Sanio, Anatomie der gem. Kiefer (Pinus silvestris). Pr. Jahrb. Bd. IX. S. 50. — Dr. Ed. Strasburger, Die Coniferen und die Gnetaceen und Atlas von 26 Tafeln über dieselben. Jena. Herm. Dabis (Otto Deistung's Buchhandlung). 1872. — L. Jurányi, Ueber den Bau und die Entwicklung des Pollens bei Ceratozamia longifolia, Mig. Pr. Jahrb. Bd. VIII. S. 382. — Stud. C. Winkler, Zur Anatomie von Araucaria brasiliensis. 581. 597. Bot. Ztg. 72. — Ed. Strasburger, Zur Kenntniß der Archispermenwurzel. 757. Bot. Ztg. 72. — E. de la Rue, Beitrag zur Histologie der Coniferenmarkscheide. 289. Bot. Ztg. 73. — H. R. Göppert, Bemerkungen über die Formen der Pinus montana, Mill. 41. Bot. Ztg. 64.

einer Einbuchtung des Randes liegt, wird der Zuwachs durch eine oder mehrere Scheitelzellen beforgt. Die Geftalt fchwankt zwifchen fchmal zungenförmigen und breit herzförmigen Lagern. Das Prothallium der Farren ift ftets unverzweigt, bis 8—10 mm groß, lebhaft grün. Die Textur der Zellen und die grünen Plasmamaffen derfelben erinnern an die Textur und Gliederung faftiger Moosblätter. Der Rand des flachen Zellenkörpers glatt oder gezahnt. Die Flächenzellen find papillös, daher der zarte Glanz diefer Gebilde. Die Lebensweife ift die der durchaus felbftändig vegetirenden grünen Jungermannienlager. Das Farrenprothallium entwickelt ftets Antheridien, oder Antheridien und Archegonien. Die Befruchtung ift gefichert durch das gefellige Beifammenleben der diöcifchen Formen. Antheridien und Archegonien find von einfacherem Bau als bei den Equifeten.

Das Antheridium entfteht aus einer einzigen Randzelle oder aus einer Zelle der Unterfeite. Diefelbe wächft halbkuglig über die Fläche des Prothalliums. Diefe theilt fich im einfachften Falle durch fünf Zellenwände, welche nach außen vier Wandzellen von der Urmutterzelle der Spermatozoiden abgliedern.

Die Bildung der Wand kann auch fo vor fich gehen, daß eine Ringwand auftritt, welche aus der halbkugligen Antheridienzelle eine centrale Urmutterzelle der Spermatozoiden von einer ringförmigen Wandzelle abfcheidet. Die Urmutterzelle von cubifcher Geftalt theilt fich durch fenkrecht zu einander ftehende Wände in zahlreiche Mutterzellchen, von welchen jedes ein Spermatozoid ausbildet.

Das Spermatozoid ift von ähnlicher Geftalt wie dasjenige der Moofe, entbehrt aber der beiden dort vorhandenen Cilien und ift über den ganzen Schraubenkörper mit zarten undulirenden Wimpern befetzt.

Das Archegonium entfteht auf der Unterfeite, da wo das Prothallium in der Mediane mehrfchichtig ift. An feiner Bildung betheiligt fich urfprünglich nur eine Randzelle, welche durch wiederholte Theilung in den aus vier Zellenreihen gebildeten Halscanal und die Centralzelle gegliedert wird. Der Halscanal öffnet fich, indem die vier Zellen einen Intercellularraum bilden. Die Canalzelle (f. oben bei den Moofen, S. 195) wird wie bei den Moofen ejaculirt und bildet eine vor der Mündung liegende Schleimmaffe, durch welche die Spermatozoiden ihren Weg nach der Centralzelle nehmen. Diefe erhält eine fefte Membran, theilt fich in vier Zellen, welche wie Kugelquadranten gelagert find. Bis hieher ftimmt im Wefen der Sache die Entwicklung mit den Equifeten. Der morphotifchen Gliederung der Farrenpflanze entfprechend gliedern fich die Quadranten von jetzt abweichend von den Equifeten. Als fexuelle Nebenwirkung muß die Anregung angefehen werden, welche das Prothallium erfährt, um geraume Zeit und auf ein beträchtliches Volum derart mit der Keimanlage zu wachfen, daß diefe

bis zur Differenzirung der Primäraxe, des erſten Blattes und der erſten Wurzel mitwachſen ohne zu zerreißen. Die Quadranten der Keimkugel wachſen nach dieſem Schema:

I. Quadrant, Blatt.	II. Quadrant, Stamm.
III. Quadrant, Wurzel.	IV. Quadrant, Fuß (primäre Axe).

Die primäre Axe bleibt mit mehreren Zellen, welche nicht mit dem Prothallium verwachſen, in dieſem ſtecken. Die Wurzel durchbricht dasſelbe und wächſt in den Boden. Das Blatt erhebt ſich. Der Vegetationspunkt wächſt mit einer drei- oder zweiſeitigen Scheitelzelle und bildet raſch mehrere Blätter. Das Pflänzchen iſt indeß zart und braucht mehrere oder viele Vegetationsperioden, um zu erſtarken und zur Sporenbildung ſchreiten zu können. Mit der Streckung der Organe entwickeln ſich die Gefäßſtränge, welche im Beginn in ſympodialer Weiſe gegenſeitig von Blatt zu Blatt Anſchluß erlangen. Das Prothallium geht mit der ſelbſtändigen Entfaltung der Keimpflanze allmälig ein[1]).

B. Morphologie der Blätterpflanze.

Die Hauptzüge in der Geſtalt der Farrenſtämme liegen, wenn von der Gliederung im einzelligen Vegetationspunkt ausgegangen wird, in der cycliſchen Stellung der Wedel, in der Bewurzelung und dem Fehlen der Axillarſproſſe.

Von der Scheitelzelle, z. B. Fig. 161 *I*, ab gerechnet, können die Zellgruppen, welche zu einem Segment gehören, in der Nähe des Scheitels leicht erkannt werden. Später aber iſt durch nachträgliche Theilungen dieſe Anordnung verwiſcht. Das Blatt entſteht in merklicher Entfernung von dem Scheitel und iſt mit ſeinen Initialen ſtets durch zahlreiche Zellengenerationen von dieſem getrennt. Es wächſt aber ſelbſt mit einer Scheitelzelle, Fig. 161 *II*. Wir erhalten die Succeſſion in continuirlichem Zuſammenhang, wenn wir mit *S* den Stammſcheitel, mit *W* den Wedel, mit *R* die Wurzel, mit *P* die Spreuſchuppen *a b*, Fig. 161, bezeichnen, wie dieſes Schema:

[1]) Von dieſem Entwicklungsgang abweichend iſt bei einigen Farrenkräutern aus dem Prothallium die Entſtehung beblätterter Stämmchen bekannt, welche durch vegetative Sproſſung aus der Unterſeite entſtehen, ohne daß der geſchlechtliche Act zu Stande kommt. Wir erhalten hier, von der Spore ausgehend: Spore, Prothallium, beblätterte Pflanze durch Vegetations-Zellen in der Nähe des Scheitels des Prothalliums (ſ. DE BARY, Ueber apogame Farrenkräuter, ſ. oben S. 288). Derſ. Vortrag im Bericht der Naturforſcherverſammlung vom Jahr 1877 in München.

R aus der Wedelbaſis. W_2.

P. P.

P. S. W. R aus der Wedelbaſis.

P. P.

W_3. *R* aus der Wedelbaſis.

P. P.

Die Wedel ſtehen in akropetaler und cycliſcher Folge. Die Wurzeln entſtehen als adventive Sproſſe an der Wedelbaſis. Die Spreuſchuppen ſind flache zungenförmige oder ſchmal lineale bis breit herzförmige Blättchen, welche aus einer einfachen Zellenlage beſtehen.

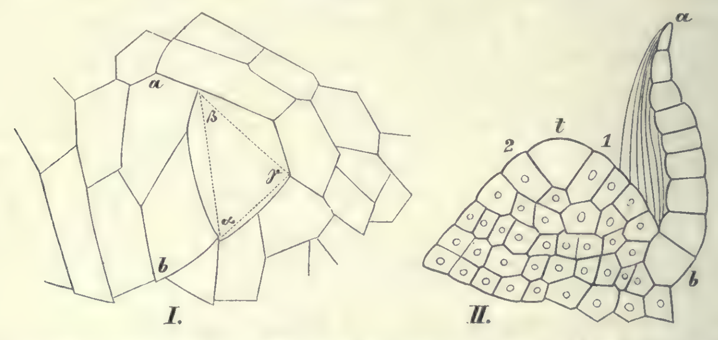


Fig. 161. *I* Scheitelzellgruppe nach einem Photogramm von Aspidium filix mas. *α β γ* die Scheitelzelle, *a b* der Zellcomplex, welcher dem jüngſten Segment entſpricht. *II* junge Blattanlage desſelben Farren. *t* Scheitelzelle, *1 2* Segmente, *a b* Spreuſchuppe.

Der Stammſcheitel der Farren verzweigt ſich nur bei einigen Arten, ſo z. B. bei Pteris aquilina, wo die Wuchsform für das perennirende Rhizom durch dieſes Schema ausgedrückt wird:

← Zweiſchneidige Scheitelzelle	an jedem Aſt des dichotomen horizontalen Rhizoms	Wedel des Jahres *n*. Wedel d. Jahr. *n—1* u. ſ. f.

mit nach $^1/_2$ geſtellten Wedelanlagen.

Adventive Sproſſe entſtehen ebenſo wie die geſetzmäßig ſich bildenden Wurzeln aus der fleiſchigen Wedelbaſis. Ueberhaupt iſt der Spielraum der vegetativen Verjüngung aus dem Wedel ein außerordentlich großer. Der Habitus der Farrenpflanzen wird durch dieß Verhalten des Stammes bedingt. Außer den unterirdiſchen, nach $^1/_2$ beblätterten Rhizomen (z. B. Pteris, Polypodium) und den aufrechten oder kriechenden, cycliſch beblätterten (Aspidium z. B.) gibt es Ausläufer treibende und ſelbſt windende Formen (Lygodium). Die höchſte Erhebung liegt aber in den baumartigen Farren der Tropen.

C. Verhältniss von Stamm und Wedel.

Wenn die blattartigen Spreuſchuppen als Blätter angeſehen werden, ſo erſcheinen die Wedel als axillare Sproßgebilde oder als Axen zweiten

Ranges von dem Charakter der Stämme. Diefe Anficht entwickelt HOFMEISTER (vergl. Unterf. a. a. O. S. 87). Wir fehen die Wedel als Blattgebilde an, die Spreufchuppen nehmen alsdann den morphotifchen Werth der Oberflächengebilde (Haare) ein.

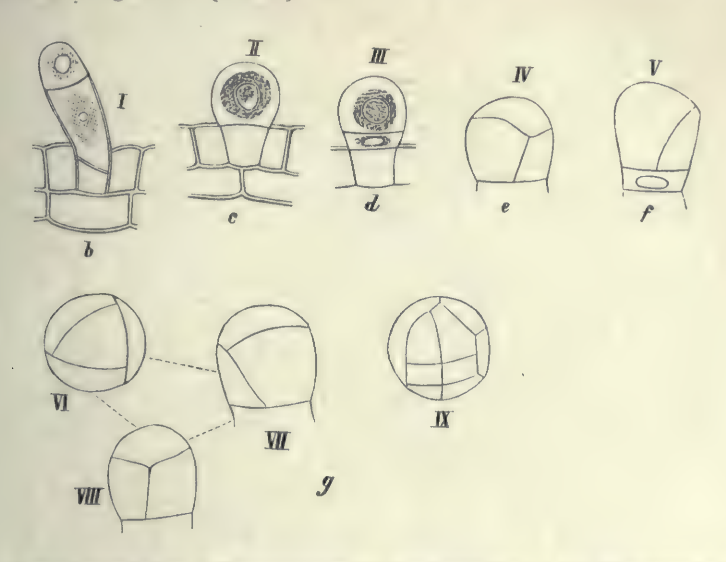


FIG. 162. Entwicklungsgefchichte der Farrenfporangien aus Oberflächenzellen. *I* eine Oberflächenzelle, welche zum Haar auswächft. *II—V* Seitenanfichten junger Sporangien. In *III* hat fich ein folches in zwei Zellen getheilt, die obere wird zum Sporogonium, die untere zum Träger desfelben. In *IV* und *V* hat fich die Zelle getheilt. *VI* Durchfchnittsanficht, es find drei Wandzellen und eine centrale Zelle kenntlich. *VII, VIII* Wandanfichten bei verfchiedener Lage des Sporangium. *IX* erfter Theilungszuftand in der centralen Zelle. (Nach REES, PRINGSH. Jahrb. V.)

Der Wedel wächft im Allgemeinen in akropetaler Folge. Der Scheitel gabelt fich wechfelnd nach links und rechts. Es entftehen die Fieder erfter, an diefer in gleichem Sinne die Fieder zweiter, dritter u. f. f. Ordnung. Die Fieder der letzten Ordnungen find bei vielen Formen nach abwärts von ihrer Mediane ftärker entwickelt, als nach der oberen Seite.

Alle Fieder find in der Knofpenlage im Spiral nach der Oberfeite involutiv eingerollt. Die Wedelfolge ift eine periodifche, die Mehrzahl der Farren ift der climatifchen Periode angepaßt.

D. Auftreten der Sporangien.

Die Sporangien entftehen an dem Wedel erft nachdem der Stamm durch mehrere Vegetationsperioden einen vegetativen Wedel gebildet hat. Ihr Auftreten ift alfo an eine Erftarkungsphafe gebunden. Die niedere Stufe der Entwicklung ift durch diejenigen Polypodiaceenformen repräfentirt, bei welchen das fporangienbildende Blatt geftaltlich gleich ift dem fterilen. In der morphotifchen Erhebung unterfcheidet fich zunächft das erftere von

dem letzteren durch die geringer entwickelten Fiedern. Die ſporangientragenden Wedel nehmen einen oberen Blattkreis in der laufenden Periode ein, ſie entſtehen ſpäter als die rein vegetativen. Die Sporangienanlage läßt ſich bei den niedriger differenzirten auf eine Oberflächenzelle des Wedelfiederblattes zurückführen, bei den höheren aber iſt das Fiederblatt in Sporangien umgebildet.

Das Sporangium entſpringt als ein Haargebilde aus der Epidermis des Blattes, Fig. 162 *II*, mit cylindriſchen Paraphyſen *I*. Es theilt ſich zunächſt durch eine Querwand in die Baſilarzelle *III* und in die halbkuglige Initialzelle für den Sporenraum. Nach einander treten von nun an drei Zellen auf, welche eine tetraëdriſche Centralzelle einſchließen (man vergl. *IV, V* mit *VI, VII* und *VIII*). Ein zweiter dieſem ähnlicher Cyclus von Theilungen führt zur Bildung der zweiſchichtigen Wand[1]). Die centrale Zelle theilt ſich ebenfalls in wenige Urmutterzellen, aus welchen durch Theilung 8—12 Sporen entſtehen. Die Geſtalt der Spore iſt meiſtens ein Tetraëder. Mit der Sporenreife geht die Ausbildung des Ringes parallel. Der Ring iſt eine mechaniſche Vorrichtung, durch welche endlich zur Zeit der Reife das Sporangium zerriſſen wird. Es entſteht aus einer Zellenreihe, welche im Meridian des ſphäriſchen Sporangium in der äußeren Wandſchicht ſich differenzirt als ein Band, welches an der einen Seite bis an die Baſalzelle, Fig. 162, anſchließt, andererſeits aber nicht ganz bis zum ſelben Punkt ſich ausdehnt. Die Zellen ſind nach den drei Innenſeiten ſtark, nach der Außenſeite ſchwach verdickt. Zur Zeit der Reife beſitzt der Ring eine Spannung, welche beſtrebt iſt, die Krümmung über die Kugelfläche auszugleichen, den Ring in ein gerades Band zu ſtrecken. Das Sporangium zerreißt endlich von der einen Stelle, wo der Ring endigt, auf. Dieſer ſtreckt ſich gerade, bleibt andererſeits mit dem Träger des Sporangium, welcher ſich aus der Baſalzelle entwickelt hat, verwachſen.

Der Ring hat noch dieſe charakteriſtiſche Lage: er liegt ſtatt im Meridian (ſo nennen wir die Linie, welche von der Einfügung des Sporangiums nach dem oberen Pol gezogen gedacht iſt) im Aequator des ſphäriſchen Körpers (z. B. Ceratopteris, Trichomanes) oder liegt an dem oberen Pol als eine Querbinde: Schizæa. Bei Osmunda befindet ſich am oberen Pol eine wenig regelmäßige Gruppe von ſtark verdickten Zellen.

E. Anatomie des Stammes.

Die niedere Stufe des Gefäßbündelverlaufes findet ſich bei Pteris, wo die Stränge in dem unterirdiſchen Rhizom parallelläufig ſind, mit dichotomen

[1]) Eingehenderes Studium der Entwicklung, ſ. Rees. Pringsh. Jahrb. V.

Endigungen, von welchen die Seitenzweige in den Wedel eintreten. In Bezug auf den Verlauf liegt hier der Anſchluß an die Lycopodiaceen und Isoëtes. Die complicirter gebauten Farrenſtämme zeigen die Gefäßbündel in Maſchen geordnet, ähnlich wie die Fig. 154, S. 272, für den Cacteenſtamm es zeigt. In den rhombiſchen Maſchen liegt die Inſertionsfläche für das Blatt. Von dem Rande der Maſchen treten aus dem Stamme mehrere iſolirt im Wedelſtiel verlaufende Stränge aus, welche ſich in die Fieder des Wedels vertheilen und ſich dort blind in dichotomen Aeſten verzweigen. Durch die ſpitzwinklig oder faſt parallel laufenden letzten Aeſte, welche nur wenig anaſtomoſiren, iſt die Nervatur des Farrenwedels charakteriſtiſch.

Der Gefäßſtrang der Farrenkräuter iſt ringsum eingebettet in das ſchwammige Grundgewebe. Im Querſchnitt iſt er durch eine im Alter braun oder roth gefärbte Strangſcheide eingeſchloſſen, welche aus ſclerenchymatiſchen oder parallelſpitzfaſerigen, ſtark verdickten Zellen beſteht. Dieſe Scheiden erſtrecken ſich oft bis auf einen weiten Umkreis um das Bündel. Die übrigen Elemente gehören dem Trachealſyſtem und den Leitzellen an, das erſtere beſteht vorzugsweiſe aus treppenförmig verdickten Tracheen. Leitbündel, Tracheen und Strangſcheide bilden zuſammen die leicht zu iſolirenden, bis 1 – 2 mm dicken Holzſtrahlen, welche dem Farrenſtamm ſo eigenthümlich ſind. Der Baſt ſcheint den Farrenkräutern zu fehlen. Ebenſo ſcheint der Kork nicht oder nur in geringer Menge ſelbſt bei den baumartigen aufzutreten.

Die erſten Secretionsbehälter treten in den Intercellularräumen von Aspidium filix mas in Form von ſphäriſchen Zellen auf, welche ſich von den Grenzzellen abgliedern und ein harzartiges Secret liefern. Auffälligere Secretionsbehälter, indeß ohne die charakteriſtiſche Stellung, werden als lange Canäle, deren Axe parallel der Stamm- und Wurzelaxe ſteht, ausgebildet in der Farrenfamilie der Marattiaceen. (Gutes Studienobject iſt Angiopteris pruinosa.)

Die Entwicklungsgeſchichte des Gefäßbündelkreiſes der Wurzel iſt abweichend von derjenigen der Stämme. Wir wählen als Beiſpiel die Wurzel von Angiopteris als dem bequemſten Studienobject.

Die Entwicklung der Gefäßbündel hat entſchiedenen Anſchluß an diejenige der Dicotyledonen. Nahe unter dem Vegetationspunkt findet man im Querſchnitt die primäre Rinde und in centriſcher Lage 8 – 10 Strahlen von Gefäßen, beziehentlich Tracheen, mit dieſen wechſeln die Leitzellen ab. Die Verdickung der Tracheen ſchreitet von der peripheren Strangſcheide, welche von den Strahlen in gleichem Winkel berührt wird, nach dem Mittelpunkt fort. In der tieferen Region findet man die Verdickung aller in dem Strahl liegenden Elemente beendet. Damit iſt das Dickenwachsthum der Wurzel überhaupt abgeſchloſſen.

F. Systematische Uebersicht der Farrenkräuter. Hauptformen[1]).

In der geſtaltlichen Erhebung der vegetativen Organe der Farrenkräuter laſſen ſich zwei Stufen der Entwicklung wahrnehmen:

I. Ophiogloſſeen. Hier tritt ein perennirendes Rhizom mit ſcheidenförmigen Niederblättern auf, an welchem die Seitenzweige erſt die Sporangien tragenden Blätter bilden. Die Sporangien ſtehen an dem inneren gefiederten Blatte und entſproſſen dem Mittelgewebe desſelben. Sie beſitzen keinen Ring.

Für die Ophioglosseae erhalten wir dieſes Schema für die Auszweigung:

II. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

I. Aufrecht ſtehendes Rhizom mit perennirender Knoſpe.
|
II. Horizontale Zweigausläufer an dieſem.
|
III. { Der ſterile Wedel.
 Der Sporangien tragende Wedel oder Zweig. ←

Sporangium, Spore, unterirdiſches, fleiſchiges, chlorophylllofes Prothallium, Antheridium, Archegonium
|
primäre Axe.

Die Spore iſt dementſprechend ein näherer Verwandter zu dem Gewebe des Blattes.

Die Wedel der Blattſproſſe ſind einfach gefiedert, Botrychium, oder ungetheilt, Ophioglossum.

Die nächſt höhere Stufe enthält die eigentlichen Farrenkräuter, bei welchen die Wedel direct an dem Vegetationspunkt des aufrechten Stammes oder kriechenden und unterirdiſchen Rhizomes entſpringen. Wir erhalten

[1]) Je nachdem die Generation mehr in den Vordergrund geſchoben oder auf die geſtaltlichen Züge und Sproßfolge mehr Gewicht gelegt iſt, ſind die Farrenkräuter enger oder weiter in ihrer ſyſtematiſchen Stellung begrenzt oder mit den anderen Gefäßkryptogamen zuſammengeſtellt worden. J. v. Hanstein ordnet ſämmtliche höhere Kryptogamen in den Verwandtſchaftskreis der Filices und bildet drei Untergruppen nach dieſer Zuſammenſtellung.

Farren (Filices).

Caulopterides.	Phyllopterides.	Lepidopterides.
Equisetaceae,	Hymenophylleae,	Isoëteae,
Calamiteae,	Polypodiaceae,	Selaginelleae,
Annulariaceae.	Cyatheaceae,	Lycopodiaceae,
	Schizæaceae,	Lepidodendreae.
	Gleicheniaceae,	| Sonderform:
	Osmundaceae,	Hydropterideae,
	Ophioglosseae.	Salviniaceen,
		Marſileaceen.

dieses Schema des Stammbaumes mit Berücksichtigung der adventiven Verjüngung:

III. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Spore.
|
Prothallium.
/
Antheridium. Archegonium,
|
primäre Axe,
erste Wurzel, erster Wedel und Vegetationspunkt.
|
Secundärer Stamm.
|
Zweiter Wedel — Wurzel
Dritter » » .

Nach der Erstarkung *m*ter Wedel, Sorus, Indusium, Sporangium, Spore, *n*ter Wedel — adventiver mit Scheitelzelle wachsender, beblätterter und bewurzelter Stamm bei den viviparen Formen.

*p*ter Wedel, Scheitel
/ \
1. Fieder,
| 2. Fieder,
3. Fieder, |
4. Fieder u. s. f., aus dem Mesophyll des Fieders letzter Ordnung die beblätterte und bewurzelte adventive Pflanze, Fig. 163.

I. Die Familie der Hymenophylleen stellt die niederste Stufe dar. Der Stamm ist schmächtig, mit axilem oder peripherem, wenig verzweigtem Gefäßbündel, entspringt aus einem kriechenden unterirdischen Rhizom. Die gefiederten Wedel von der Textur der Moosblätter aus einer einzigen Mesophyllschicht, parenchymatisch. Die Epidermis entbehrt der Spaltöffnungen. Die Sporangienhaufen (Sori) stehen am Scheitel der Fieder in der Ver-

---

Eichler stellt dagegen drei Classen auf, in welchen sich die Familien und Ordnungen so vertheilen, daß die Phyllopterides der vorstehenden Zusammenstellung mit den Rhizocarpeen nicht vereinigt erscheinen:

I. Classe: Equisetinae.	II. Classe: Lycopodinae.	III. Classe: Filicinae.
Einzige Familie und Gattung.	Lycopodiaceae,	Filices,
	Selaginellaceae,	Rhizocarpeen.
	Isoëtaceae.	

In der natürlichen Nebeneinanderstellung nach Maout und Descaisne finden sich als gleichwerthige Familien:

Filices, L.; Ophioglosseae, R. Brown; Equisetaceae, de C.; Marsileaceae, R. Br. u. Brongniart; Salvinieae, Bartl.; Lycopodiaceae (zahlreicher Autoren) und Isoëtaceae, Bartl.

längerung der Nerven an einem cylindriſchen Receptaculum, welches in eine becherförmige Hülle, Indusium, eingeſenkt iſt. Das Sporangium iſt kurz geſtielt. Der Ring ſteht im Aequator. Hymenophyllum, einzige Gattung in Deutſchland. Trichomanes, das Prothallium erinnert durch ſeine Veräſtelung an das Protonema der Mooſe.

II. Polypodiaceen. Die Sproßfolge geht nach dem dritten Typus, S. 297: Horizontale Rhizome mit dichotomer Verzweigung, Pteris, oder

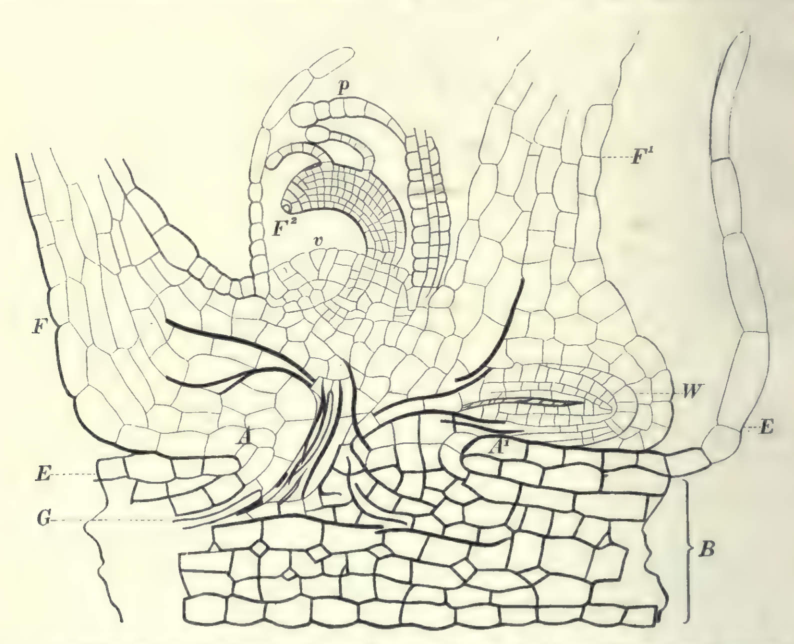


FIG. 163. Durchſchnitt durch die adventive Farrenpflanze, welche aus dem fertig differenzirten Farrenwedel *B* entſproßt. Zwiſchen *A* und *A*¹ verjüngen ſich die Zellen des Blattes. *F F*¹ *F*² die aufeinanderfolgenden Wedel. *W* die Wurzelanlage an der Baſis des Wedels. *v* Vegetationspunkt. *p* keulenförmige Spreuſchuppen (Haare). *E* Epidermis.

aufrechte Stöcke ohne Verzweigung mit Ausnahme der dem Wedel an der Baſis entſproſſenden Adventiväſte. Die Wedel einfach, Blechnum, oder mehrfach gefiedert. Die Sporenhaufen (Sori) auf der Unterſeite des Wedels. Der Wedel anatomiſch reich gegliedert mit mehrſchichtigem Meſophyll. Die Epidermis iſt mit Spalten, dichotomiſchen oder netzfaſerig anaſtomoſirenden Nerven verſehen. Der Ring iſt in den Meridian geſtellt, ſchließt einerſeits den vollen Umlauf des ſphäriſchen Sporangium nicht ab oder iſt am Scheitel desſelben unterbrochen. Die Sori ſtehen am Rande, welcher umgeſchlagen iſt, Pteris (Pterideae), an der Unterſeite am Nerv und nicht am Rande und ſind von einem im Mittelpunkt befeſtigten, am Rande ſich öffnenden, kreis- oder nierenförmigen Indusium bedeckt, Aspidium (Aspidieae). Die ſchmal linealen Sori, von einem einſeitig ſich öffnenden In-

dusium bedeckt, stehen unterseits parallel dem Nerv, Asplenium (Asplenieae). Die Sori sind kreisförmig oder längsspaltig, sehr reich an Sporangien, nackt, Polypodium (Polypodieae).

Einheimische Gattungen: Struthiopteris, Pteris, Adiantum, Blechnum, Scolopendrium, Asplenium, Aspidium, Polypodium, Phegopteris, Akrostichum. Struthiopteris und Blechnum bilden zwei deutlich differenzirte Blattregionen, von welchen die obere die sporangientragende ist.

III. Cyatheaceae. Zum Theil baumbewohnende Farren der tropischen Zone, Cyathea, Alsophila. Die Sporangien sind fast sitzend abgeflacht, der Ring ist schief gestellt. Das Indusium umhüllt den Sorus tellerartig.

IV. Gleicheniaceae. Die kugligen Sporangien stehen einzeln oder in begrenzter Zahl an der Wedelfläche, der Ring steht quer. Sämmtlich Tropenbewohner, Gleichenia, Mertensia, Platysma.

V. Schizæaceae. Der Ring ist auf eine verdickte Zellengruppe im Pol des kugligen Sporangium beschränkt, welche deckelartig abbricht, das Sporangium zur Spaltkapsel macht: Schizæa, Aneimia, Lygodium, die letztere durch windende Blätter auffällig.

VI. Osmundeae. In dieser Familie ist der allmälige Uebergang der vegetativen Wedel in sporangientragende Wedel bemerkenswerth. Auch werden oft einzelne Fieder halbseitig oder nur wenig in Sporangien umgewandelt, während der übrige Theil der Fieder blattartig entwickelt wird. Die kugligen Sporangien besitzen an Stelle des Ringes nur auf einer Seite eine Gruppe elastischer Zellen. Sie springen an der entgegengesetzten Seite mit einem Spalt auf, Osmunda regalis.

VII. Marattiaceae. Baumartig mit mächtigen gefiederten Wedeln. Die Sporangien sind durch gegenseitigen Druck abgeplattet, verwachsen, öffnen sich mit Poren und Spalten als vielkammerige Kapseln und entbehren des Ringes. Tropische Gattungen: Marattia, Angiopteris, Danæa, Kaulfusia.

---

§ 22. Isospore Gefässpflanzen. III. Lycopodiaceen.

A. Morphologie und anatomischer Bau.

Dieser Verwandtschaftskreis enthält nach den Systematikern drei Gattungen: Lycopodium, Psilotum, Tmesipteris mit gleichgestalteten Sporen, und Selaginella, welche zu den Heterosporen gehört. In der allgemeinen Wuchsform besteht ein Anschluß an die Coniferen. Selaginella besitzt in der Keimungsgeschichte Anschluß an die Abietineen. Wir behandeln die Keimungsgeschichte der Selaginella weiter unten im Vergleich mit derjenigen

der Kiefer, um den genetiſchen Anſchluß der Gefäßkryptogamen an die Gymnospermae zu veranſchaulichen.

Die Wurzel ſowohl wie der Stamm der Lycopodien wachſen mit einer einzigen verkehrt pyramidalen Scheitelzelle, welche bei dem Stamm nach drei Richtungen Segmente abſcheidet. Für die Wurzel kommt die Segmentzelle nach außen noch hinzu als Initiale für die Wurzelhaube. Das Charakteriſtiſche der Wurzelverzweigung liegt in der Dichotomie. Die beiden Gabeläſte beſitzen, noch ehe die Gabelung äußerlich merklich iſt, bereits ihre eigenen Scheitelzellen und Anlagen für die Wurzelhaube. Dieſe ſind von der Haube der urſprünglich unverzweigten Wurzel eingeſchloſſen.

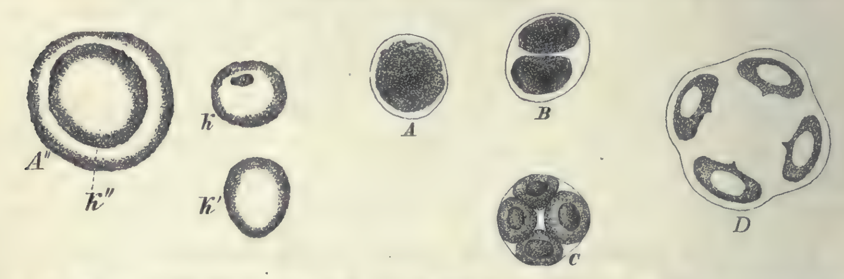


Fig. 164. Psilotum triquetrum. Lycopodiaceen. Zelltheilung der Sporenmutterzellen. *A A''* verſchiedene Anfangszuſtände. *K K'* iſolirte Zellkerne. *K''* Zellkern in der Zelle eingeſchloſſen. In *A B* liegen die Zellen in Glycerin, bei *A''* liegt die Zelle in Waſſer. *D* dieſelbe Zelle wie *C*, aber im Waſſer.

Die Blätter entſtehen an dem Knoſpenkegel in einiger Entfernung von dem Scheitel dicht gedrängt in cycliſcher Folge. Die primären, aus wenigen Spiralgefäßen und dem zugehörigen Bündel von Leitzellen beſtehenden Gefäßbündel verlaufen geradlinig in mehreren Strängen bis in die Nähe des Vegetationspunktes. Die Gefäßbündel der Blätter legen ſich ſympodial aneinander und convergiren wenige Millimeter tiefer nach dem ſtammeignen Gefäßbündel des Stammes. Der Querſchnitt des Stammes zeigt eine periphere mehrſchichtige Lage von verdickten Strangzellen. Hierauf folgt die parenchymatiſche ſtrangloſe chlorophyllführende Rinde, welche eine mächtige Strangſcheide umgibt. Innerhalb dieſer ſind mehrere axile tracheale Bündel in Reihen geordnet und eine Gruppe von zu dieſen gehörigen Leitzellen. In dem Trachealſyſtem des Stammes herrſchen die leiter- oder treppenförmig verdickten Elemente, ebenſo in der Wurzel, deren Trachealſtrang und Strangſcheide mit denjenigen des Stammes zuſammenſchließen. Im Trachealſyſtem des Blattes dagegen herrſcht die Spiraltracheide vor.

Das Blatt der Lycopodien iſt ſchmal lineal, ſchuppenförmig, mit längerer oder kürzerer Granne und Zähnen längs des Randes, welche beide aus dem Hautgewebe entſpringen. Die mehrere Zelllagen dicke chlorophyllführende Meſophyllſchicht umgibt ein ſchwaches Gefäßbündel, welches im Centrum

des elliptiſchen Blattquerſchnittes liegt. Durchaus ſtammeigene Gefäßbündel beſitzt Psilotum.

B. Keimung.

Die Keimungsgeſchichte iſt von der Mehrzahl der Lycopodien nicht bekannt. Nur ein einziges Mal wurden die fleiſchigen, unterirdiſchen, monöciſchen Prothallien für Lycopodium gefunden, mit eingeſenkten Antheridien. Die Keimungsgeſchichte iſt auch hier nicht abgeſchloſſen. Von Psilotum und Tmesipteris iſt die Keimung bis jetzt nicht beobachtet.

Als niedere Stufe der Gliederung ſehen wir Psilotum an: dichotomer, mit einer Scheitelzelle wachſender unterirdiſcher Stamm, beblätterte, dreikantige, dichotomiſch äſtige, nach $^1/_3$ beblätterte Fruchtzweige. Die Sporangien ſind dreifächerig, in der Achſel rudimentärer Blätter, deren Gefäßrudimente nicht an das Gefäßſyſtem anſchließen. Die Kapſel beſteht aus einer mehrere Zellenlagen dicken Wandſchicht und zahlreichen Urmutterzellen der Sporen. Die Spore iſt ein Kugelquadrant.

Als obere Formſtufe ſehen wir Lycopodium an:

IV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Lycopodium).

Spore.
|
Monöciſches unterirdiſches Prothallium.
/ \
Antheridium. Archegonium (Eizelle).
/
{ Seitenzweig mit einfach dichotomer Endigung, jeder Endtrieb wird zum Fruchtaſt.

I. Scheitelzelle cycliſch und dicht beblätterter, perennirender, horizontaler, immergrüner Stamm.

II. Scheitelzelle Dichotomie.

{ Dichotomiſch an dem Scheitel verzweigte Wurzel.

Die Kapſel von Lycopodium ſteht in der Blattachſel der Fruchtäſte in großer Anzahl, ſie iſt einfächerig. Die Spore iſt ein Tetraëder mit leiſtenförmig verdicktem Exosporium.

---

§ 23. Heterospore Gefässpflanzen. I. Isoëteen.

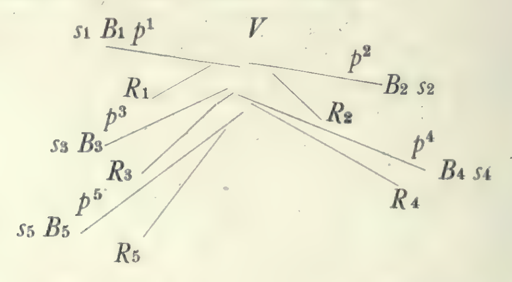
A. Morphologie und Anatomie.

Dieſe aus einer einzigen Gattung beſtehende Familie ſteht ganz iſolirt, ſoweit es ſich um die äußere Gliederung und Textur der Gewebe handelt. Nur durch die Keimungsgeſchichte gewinnt ſie Anſchluß an die Rhizo-

carpeen. Die perennirenden, waſſerbewohnenden[1]), unverzweigten Rhizome ſind knollenförmig verdickt mit breit ſcheidenförmigen Schilfblättern, welche cycliſch nach $^1/_2$ oder $^1/_3$ oder höheren Divergenzwerthen ſtehen. Die Knollen ſind zweifurchig bei den nach $^1/_2$ beblätterten, dreifurchig bei den nach $^1/_3$ beblätterten. Möge V der Vegetationskegel des Stammes ſein, welcher mit einer einzigen verkehrt pyramidalen Scheitelzelle wächſt, B_1 B_2 B_3 u. ſ. f. die Blätter, r_1 r_2 r_3 die Wurzeln, ſo erhalten wir für die zweifurchigen Isoëtesſtämme dieſe Anordnung im Querſchnitt:

$$s_3\ B_3\ p_3.\quad s_1\ B_1\ p_1.\quad V\quad s_2\ B_2\ p_2.\quad p_4\ B_4\ s_4.$$

Das Blatt (der Wedel nach Hofmeister) entſteht als eine wenigzellige Warze und wächſt im Beginne mit einer Scheitelzelle, ſchon in dieſem Zuſtande entſteht an jedem Blatte eine urſprünglich einzellige, ſpäter aus zahlreichen Zellen in 2—3 Lagen beſtehende Spreuſchuppe p^1 p^2 . . ., welche auf der Oberſeite in der Nähe der Blattbaſis als kleines Blättchen ſteht; zu jedem Blatte gehört eine Scheide s^1 s^2 . . ., dieß iſt eine Blattwucherung, deren Mediane auf dem Rücken des Blattes liegt, mit ihren beiderſeitigen Flügeln das Blatt nach der Oberſeite umfaßt. Bezeichnen wir ferner mit den Linien die Gefäßbündel, welche in dem knollenförmigen Stamme als einfache, nicht umhüllte Stränge, mit wenigen treppenförmig verdickten Tracheiden und geringem Cambialſtreifen nach den Blättern und Wurzeln verlaufen und denken uns den Längsdurchſchnitt durch den zweifurchigen Stamm gelegt, ſo divergiren vom Mittelpunkt desſelben, wo die Gefäßſtränge mäandriſch verſchlungen ſind, die einzelnen Strahlen nach den Blättern und Wurzeln im Sinne dieſes Schemas:



Das Blatt enthält nur einen centralen Gefäßſtrang. Im Querſchnitt des knolligen Stammes divergiren, dem Schema entſprechend, die Gefäßbündel nach zwei entgegengeſetzten Richtungen bei den nach $^1/_2$ beblätterten, bei den nach $^1/_3$ beblätterten nach drei Richtungen. Beachtenswerth iſt, daß die Scheitelzelle der erſteren zweiſchneidig iſt (vgl. Fig. 112, S. 208), dreiſeitig bei den letzteren (vgl. Fig. 111 *B*, S. 207).

[1]) Die Isoëtesarten kommen in einigen holſteiniſchen Seen und in den Gebirgsſeen am Feldberg im Schwarzwald vor.

Die Wurzeln wachfen dichotomifch mit einer fich gabelnden Scheitelzelle.

B. Generation.

Das fporenerzeugende Gewebe liegt bei Isoëtes in der Bafis des Blattes. Der Anlage nach find die Makro- und Mikrofporangien vollftändig gleich. In der weiteren Entwicklung aber bilden fich die Makrofporangien in den peripheren, alfo älteren Wedeln, die Mikrofporangien in den jüngeren, dem Scheitel näher ftehenden, aus.

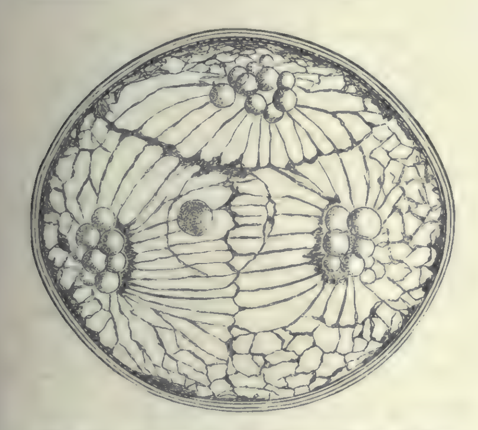


Fig. 165. Isoëtes Durieni. Mutterzelle der Makrofpore, nach vollendeter Theilung kurz vor Auflöfung des primären Kerns.

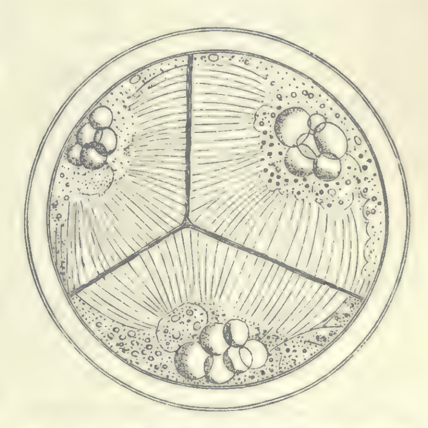


Fig. 166. Isoëtes Durieni. Mutterzelle der Makrofporen nach vollendeter Theilung.

Denkt man fich den fertilen Wedel an der Bafis abgefchnitten und von der Innenfeite betrachtet, fo liegt das Sporangium an der Bafis des Blattes, öffnet fich nach der Innen-(Ober-)feite desfelben. Ueber ihm ift die Spreufchuppe *p*, f. S. 302, eingefügt. Das Gewebe der Blattbafis differenzirt fich in mehrere Gruppen von Urmutterzellen, welche durch Platten von Dauerzellen getrennt find. Die fporenerzeugenden Zellen liegen fo gegenfeitig getrennt in der Anzahl von 4—6 nebeneinander.

Die Makrofporen entftehen durch Theilung, nachdem vier fecundäre Kerne gebildet find, welche fich wie die Ecken eines Tetraëders lagern, Fig. 165. Der primäre Kern bleibt noch eine Zeit lang erhalten. Die fertig gebildete Makrofpore ift ein Tetraëder von Hirfenkerngröße mit drei vorfpringenden Leiften. Die Anzahl der Makrofporen ift eine begrenzte. Die Mikrofporen find in größerer Anzahl (mehrere Taufend) in einem Sporangium, fie entftehen durch Theilung im Sinne der Psilotumzellen, f. Fig. 164, und ftellen im reifen Zuftande Kugelquadranten dar, Fig. 164 *D*. Die Keimung der mit gelbem, warzigem Exosporium und zartem, hyalinem Endosporium verfehenen Makrofpore erfolgt mehrere Wochen nach der

Ausſaat. Nach der eingehenden Entwicklungsgeſchichte, welche HOFMEISTER verfolgt hat, entſtehen die erſten Zellen des Prothallium iſolirt im Sporenraum, dem Endosporium anliegend, durch freie Zellbildung. Nach etwa 3—4 Wochen iſt der ganze Sporenraum mit dem Gewebe des Prothallium angefüllt.

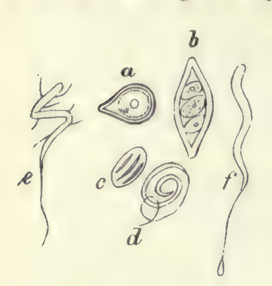


FIG. 167. Isoëtes lacustris. Entwicklung der Spermatozoiden. (HOFMEISTER, Beitr. 1852.) *a* reife Mikroſpore, Scheitelanſicht, *b* dieſelbe vier Wochen nach der Ausſaat, *c* Mutterzelle der Spermatozoiden, *d* Spermatozoiden noch in der Mutterzelle, *e f* freie Spermatozoiden durch Jod getödtet.

Das Exosporium wird in dem innern Schnittpunkt der drei Tetraëderwände, da wo alle vier Sporen ſich urſprünglich berührten, Fig. 166, durchbrochen. Indeß wächſt das Prothallium nicht merklich über die Rißſtelle hinaus (Unterſchied von Salvinia, Pilularia und Marsilea). An der Rißſtelle entwickelt ſich ein Archegonium nach dem bekannten Typus aus der Randzelle mit kurzem Halscanal, Fig. 168 (Unterſchied im Bau des Halscanals von Equisetum und den Farrenkräutern, wo dieſer weit über die Prothalliumfläche vorragt).

Die Mikroſpore bildet wenige Mutterzellen für Spermatozoiden, Fig. 167. Das Spermatozoid ſchlüpft mit der Plasmablaſe aus. Es iſt mehrfach ſchraubenlinig gewunden, am hinteren Ende etwas verdickt, über den hinteren Theil mit feinen undulirenden Cilien bedeckt.

Außer dem ſcheitelſtändigen Archegonium werden noch mehrere ſeitliche angelegt, in der Regel aber nicht befruchtet. Nach der Befruchtung

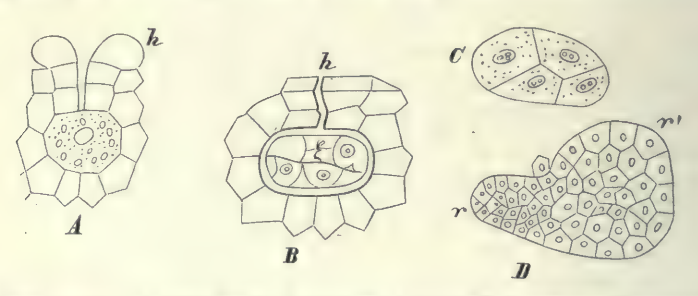


FIG. 168. Isoëtes lacustris. *A* geſchlechtsreifes Archegonium, *h* Halscanal. *B* befruchtetes Archegonium mit einer zweizelligen Embryoanlage *E*. *C* vierzellige, *D* noch weiter entwickelte Keimpflanze.

entwickelt die Centralzelle, Fig. 168 *A*, die zuerſt zweizellige, Fig. 168 *B*, ſpäter vierzellige Keimanlage, Fig. 168 *C*. Jedenfalls läßt ſich von dieſem Zuſtande die Entwicklung der erſten Organe ſo herleiten, daß jedes der Organe auf eine der Quadrantenzelle, Fig. 168 *C*, zurückgeführt wird. Die Keimanlage wächſt auf Unkoſten des Prothalliumgewebes und durchläuft die Formenreihe, Fig. 168 *B C D*, Fig. 160 *III IV V*, S. 286, *A* bedeutet die primäre Axe, welche mit dem Prothallium verwachſen bleibt,

B B' die Blätter, *w* die Wurzel, *s* die Spreuſchuppe, welche ſehr frühzeitig ſchon an dem erſten Blatt auftritt. Beachten wir die Fig. 169 *II* und denken uns in Fig. 169 durch den Halscanal eine Ebene nach dem Raum der Makroſpore gelegt, welche dieſelbe genau halbirt, ſo ſchneidet dieſe die Keimanlage *II*, Fig. 169, ſymmetriſch in *A* in der Mediane der Primäraxe und wir erhalten dieſes Schema:

Scheitel des Prothallium.

$B_2\ s_2 \quad V \quad s_1\ B_1$

W_1 \ Primäraxe im Prothallium.

Von nun ab gewinnt die Entwicklung Anſchluß an das Schema, ſ. oben S. 302. Kurz nach dieſem Zeitpunkt durchbrechen die Organe: erſtes Blatt und erſte Wurzel, das Prothallium.

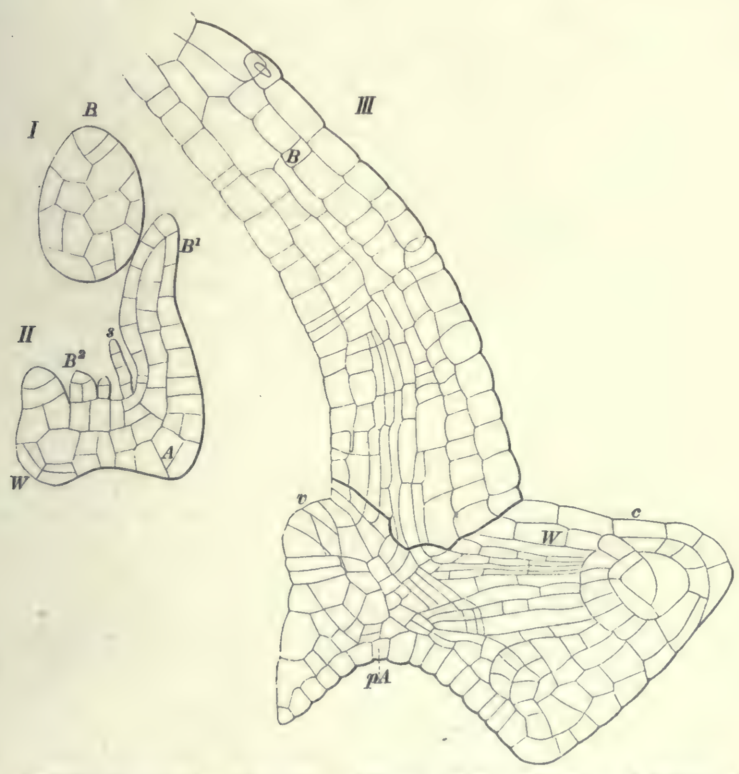


FIG. 169. *I II* Isoëtes lacustris (nach HOFMEISTER). *I* jüngere, *II* ältere Keimpflanze, *B B'* Blatt, *A* Axe, *W* Wurzel, *s* Spreublatt. *III* Marsilea, Keimpflanze (nach HANSTEIN). *c* Wurzelhaube, *v* Vegetationspunkt des Stammes, *pA* primäre Axe (der Fuß), mit welcher die Keimpflanze in dem Prothallium feſtſitzt, *B* das erſte Blatt.

Die Keimung von Isoëtes hat Anſchluß an Pilularia und Marsilea, Fig 169 *III* ſtellt eine ſpäte Keimphaſe der letzteren Pflanze dar. Hier

konnte von Hanstein mit Beſtimmtheit von den vier Quadrantenzellen nach dem Zuſtande Fig. 169 *III* die Segmentirung in den beziehentlichen Organſcheitelzellen und die weitere Theilung auf dieſes Schema durch die Entwicklungsgeſchichte gebracht werden:

Erſtes Blatt, *B* Fig. 169 *III.*	Erſte Wurzel (Fuß), *W c* Fig. 169 *III.*
Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze, Secundäraxe, *V* Fig. 169 *III.*	Primäre Axe (Fuß), *p A* Fig. 169 *III.*

Sowohl im Habitus wie in der Wuchsform und in der Zuſammenſtellung der Organe haben die Iſoëten keinen hervorragenden Anſchluß an die oben genannten Verwandten. Ueber die Stellung, welche denſelben von den Syſtematikern angewieſen wird, iſt die Zuſammenſtellung S. 296 nachzuſehen. In dem mitteleuropäiſchen Gebiete kommen nur wenige Arten vor. Die Iſoëteen ſind indeß über die ganze Erde, immerhin an iſolirten Standorten, verbreitet.

V. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Isoëtes).

Die Mikroſpore theilt ſich nur in drei bis vier Mutterzellen der Spermatozoiden.	Die Makroſpore bildet ein den Sporenraum wenig überragendes farbloſes Prothallium. Das apicale Archegonium wird befruchtet.

Die befruchtete Centralzelle theilt ſich in Quadranten. Die weitere Segmentirung und Zurückführung der Organe kann in dieſem Sinne angenommen werden, Hypotheſe:

Erſtes Blatt.	Primäraxe mit dem Prothallium.
Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze.	Erſte Wurzel.

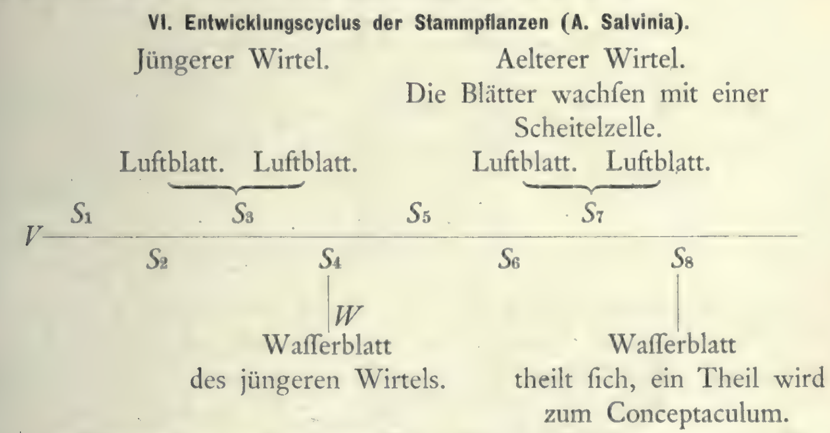
Der Vegetationspunkt bringt von nun ab cycliſch geordnete Blätter B_1, B_2 u. ſ. f. und in der Blattbaſis endogene zubehörige Wurzeln R_1, R_2 .... hervor. Die Makro- und Mikroſporangien entſtehen endogen im Gewebe des Blattes.

§ 24. Heterospore Gefässpflanzen. II. Untere Stufe der Rhizocarpeen: Salviniaceae, Salvinia (Azolla).

A. Morphologie der Salvinia.

Die Salvinia natans iſt eine durchaus ſchwimmende, wurzelloſe Pflanze, welche nach der Ausbildung der Spore abſtirbt. Der Stamm liegt flach auf der Waſſerfläche, von ihm entſpringt ein Wirtel von zwei ebenfalls flach dem Waſſer aufliegenden, grünen, ungetheilt elliptiſchen Luftblättern und in's Waſſer herabhängenden, wurzelähnlichen, behaarten Waſſerblättern. Der Vegetationspunkt iſt ein ſchlanker Kegel mit zweiſchneidiger Scheitelzelle (Fig. 113 *III*, oben S. 208). Von dem Vegetationspunkt *V* aus gerechnet liegen die Segmente in zwei Reihen. Sie theilen ſich zunächſt durch radial und parallel der Axe geordnete Zellenwände, ſodann durch Querwände. In einiger Entfernung von dem Scheitel entſtehen die Blätter. Die zwei Luftblätter und das eine getheilte Waſſerblatt bilden einen Wirtelknoten. In den fructificirenden Wirteln entſtehen die Conceptacula der Sporangien aus umgebildeten Zipfeln, Theilblättchen des Waſſerblattes.

VI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (A. Salvinia).



In dieſem Schema bedeuten *V* die Scheitelzelle des horizontal ſchwimmenden Stammes, *S* die Segmente, S_1 das jüngere, S_2 das ältere, *W* das Waſſerblatt.

Aus der Anordnung folgt, daß jede Querſcheibe, welche ſenkrecht zur Axe durch den Stamm gelegt gedacht wird, aus zwei ungleich alten Theilen beſteht, da die in zwei Zeilen ſtehenden Segmente ungleichaltrig in Zickzacklinien gegenſeitig eingefügt ſind. Jeder Wirtelknoten wird von einer Scheibe des Vegetationskegels gebildet, welche ihrer Höhe nach einem halben Segment entſpricht. Das Internodium aber entſpricht der Diſtanz eines vollen Segmentes. Durch die nachträglichen Theilungen gleicht ſich

der Niveauunterſchied für die Blätter eines Wirtels aus (vergl. oben S. 282 das Wachsthum am Vegetationspunkt von Equisetum).

Die in dreigliedrigen Wirteln, urſprünglich aber in der erſten Anlage nach $^1/_5$ ſtehenden Blätter folgen aufeinander genau nach der Altersfolge der Urzellen, aus welchen ſie gebildet wurden. Das Waſſerblatt iſt das ältere, das dieſem nähere Luftblatt iſt das jüngſte und das entferntere das mittlere. Die Quirle alterniren wenigſtens im Anlagezuſtand.

Die Luft- und Waſſerblätter wachſen ebenfalls mit zweiſchneidiger Scheitelzelle. Das erſtere erreicht während der Segmentirung und der nachträglichen Theilung die Geſtalt der Fig. 172 *I*, *II*, L_1, L_2 im nicht entfalteten Zuſtand. Das Waſſerblatt dagegen, aus einer ganz ähnlichen Segmentreihe entſtanden, wächſt vorzugsweiſe in die Länge zu einem cylindriſchen Zellenkörper, an welchem, in dem Maße wie die Segmente ſich gliedern, neue Blattzweige (*Z*) alternirend gegenſtändig entſproſſen.

S_5 — Z_5
Z — S_4
S_3 — Z_3
S_2
$S.$
V

Auch die Bildung der cylindriſchen Haare der Blätter folgt der Segmentirung. Ihre Anlegung beginnt unterhalb der jüngſten Blattanlage. Salvinia beſitzt zweierlei ihrer Dauer und Geſtalt nach verſchiedene Haargebilde.

B. Generation.

Die aus metamorphen Fiedern des Wurzelblattes entſpringenden Conceptakeln der Sporangien ſind ſphäriſche Hohlkörper, welche von mehreren vegetativen Blattfiedern umgeben ſind. Das männliche oder Mikroſporangien hervorbringende Conceptaculum iſt einfächerig, beſteht aus einer zwei- oder mehrſchichtigen Lage iſodiametriſcher Zellen, welche den kugligen Hohlraum einſchließen. Die Mikroſporangien entſpringen einem Säulchen als Oberflächenzellen. Zur Zeit der Reife ſind ſie mehrzellige, mit einer braunen Außenhaut verſehene Kugeln. Das Mikrosporangium keimt, ohne die Mikroſporenzellen zu entlaſſen (Unterſchied von Isoëtes), Fig. 170. Die Außenhaut wird geſprengt. Es treten gegliederte Mikroſporangienſchläuche hervor, Fig. 170, welche ſich im Scheitel zu zweizelligen Antheridien theilen, Fig. 170 *C*. Die Mutterzellen für die Spermatozoiden entſtehen zu je vier in einer Antheridienzelle. Das Spermatozoid ſchlüpft mit der Mutterblaſe aus. Es wird durch einen Klappenapparat aus den Antheridien entlaſſen. Es iſt ſpiralig gewunden, mit feinen Wimpern verſehen.

Die weiblichen Conceptakeln unterfcheiden fich dadurch von den männlichen, daß die Hülle, welche aus den metamorphen Fiedern entfteht, mehrfach gefchichtet ift. Im Querfchnitt ift ein Kranz von 8—12 Intercellularräumen, welche durch wenigfchichtige Gewebplatten von einander

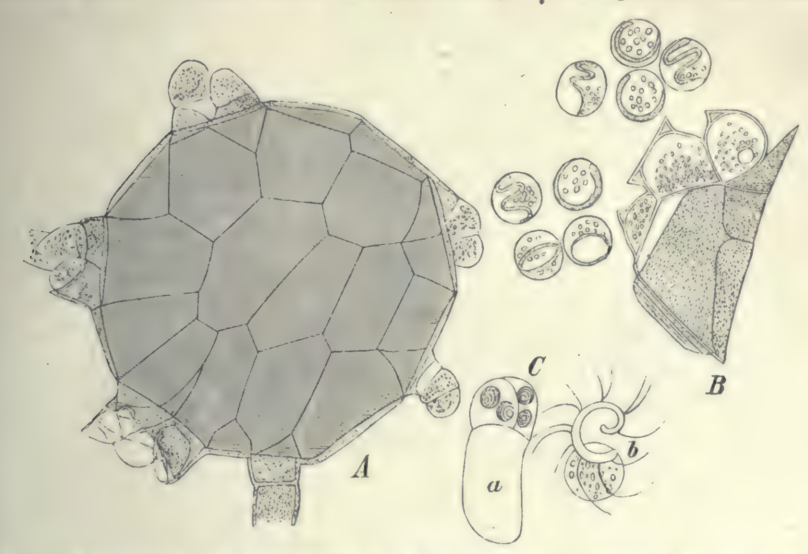


Fig. 170. *A* Mikrosporangium der Salvinia natans mit Mikrofporenfchläuchen, welche zum Theil fchon entleert find. *B* Mikrofporenfchläuche, welche die Spermatozoiden in ihren Mutterzellen entlaffen haben. *C a* ifolirter Mikrofporenfchlauch, *b* freies Spermatozoid. Pringsh. Jahrb. Bd. 3 (nach Pringsheim und Hofmeister).

getrennt find, von zwei kreisrunden Wandfchichten umgrenzt. Im kugligen Hohlraum fitzen mehrere Sporangien. Die größere Anzahl der Sporen wird von einer dominirenden Makrofpore während des Heranwachfens diefer reforbirt. Im Spätfommer reifen die Sporen. Die vegetative Pflanze geht auf dem Waffer bis zum Herbft langfam zu Grunde.

Hervorragende Züge bei der wenige Wochen, nachdem die Ausfaat bei mittlerer Temperatur erfolgt ift, eingeleiteten Keimung find diefe: das Prothallium entfteht im Scheitel der elliptifchen Spore, durchbricht das Exosporium als ein grünes, wenige Millimeter großes Läppchen, bildet zahlreiche eingefenkte Archegonien, Fig. 171. Der Halscanal wird vor der Befruchtung abgeworfen. Dieß gefchieht durch die Canalzelle *c*, welche fich zwifchen die Zellen des Halscanales drängt. Der Inhalt der Spitze der Centralzelle, welche von der Canalzelle ausgefüllt ift, hat ein ftreifig körniges Ausfehen und erinnert an die Befchaffenheit der Spitze der Keimbläschen von Watsonia, Gladiolus u. a. Er wird nach dem Abwerfen des Halscanales unter Oeffnung der Spitze der Canalzelle entleert (Pringsh. Jahrb. III. S. 536). Die ganze Centralzelle umhüllt fich nach der Befruchtung und wird zur erften Zelle des Embryo. Die erfte Zelle des Embryo wird felbft zur blei-

benden Zelle des Hauptſproſſes. Für die Evolution erhalten wir dieſes gedrängte Schema im Anſchluß an die früheren:

VII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (B. Salvinia).

Ausſaat im Herbſt des vorigen Jahres, Keimung im Frühling dieſes Jahres:

Mikroſpore, Mikrosporangium, Sporenſchlauch, Spermatozoid.	Makroſpore, grünes, über die Makroſpore hervorragendes Prothallium. Zahlreiche Archegonien, unter Umſtänden mehrere Keimanlagen. Eingeſenkte Centralzelle.

Die befruchtete Centralzelle theilt ſich in Quadranten:

I. Das Schildchen entſteht aus dieſer Quadrantenzelle, durchbricht das Prothallium als grünes Blattgebilde, Fig. 172 *B*.	III.	Quadranten III und IV werden zur Primäraxe. Die Wurzel fehlt. Fig. 172 *A* zu vergleichen mit den Schematen für Pilularia, Salvinia und mit den Farren und Equiſeten, S. 291, 297.
II. Vegetationspunkt der beblätterten Pflanze mit raſch folgenden Blattquirlen, Fig. 172 *B*.	IV.	

Die Blätter der Wirtel differenziren ſich (Anſchluß an das Schema S. 307) in Luftblätter und Waſſerblätter. Die metamorphen Blattanlagen der Waſſerblätter differenziren ſich in

Conceptaculis

für Mikroſporangien und Mikroſporen,	für Makroſporangien und Makroſporen.

Dieſe reifen im Herbſt des laufenden Jahres, gelangen zur Ausſaat, indem die beblätterte Pflanze eingeht (verweſt).

Während der Entwicklung des Keimlings, Fig. 172, erfährt das Prothallium als Nebenwirkung des ſexuellen Actes eine mächtige Streckung, es bildet zwei ſeitliche, ſpitz lanzettliche Flügel. Das Schildchen, aus einer der nächſten Segmentzellen der wenigzelligen Keimanlage hervorgegangen, iſt ein blattähnliches Gebilde, welches in den nächſtſtehenden Verwandtſchaftskreiſen keine Analogien beſitzt (man müßte denn gerade die ſchildförmige Wucherung des erſten Keimblattes der Monocotyledonen hier heranziehen).

C. Morphologie der Azolla[1]).

Die Gattung Azolla, welche ſich an die Salvinia anſchließt, iſt ebenfalls eine auf dem Waſſer ſchwimmende Pflanze (in Neu-Holland, Afrika, Aſien, Nordamerika von Canada bis zur Magelhaens-Straße). Im Habitus durchaus abweichend, im Verhalten des Vegetationspunktes und in der Generation mit directem Anſchluß an Salvinia. Der Habitus der Azolla iſt der dendritiſch verzweigter Jungermannien, die Blätter ſind alternirend tief eingeſchnitten, auf der Waſſerfläche ausgebreitet. Von der unteren Seite des Stammes entwickeln ſich die unverzweigten Wurzeln, einzeln oder in Büſcheln. Eine ganz auffällige Aehnlichkeit in der Geſtalt des Vegetationspunktes mit Salvinia hat ſich nach den eingehenden Unterſuchungen STRASBURGER's herausgeſtellt. Ein weſentlicher und intereſſanter Unterſchied beſteht darin, daß der ſchlanke Vegetationskegel an dem horizontal auf dem Waſſer liegenden Syſtem ſo weit gekrümmt iſt, daß die Axe der oberen Segmentreihe und der Scheitelzelle im Loth ſteht. Die Segmentanlage iſt indeß mit der bei Salvinia gefundenen identiſch.

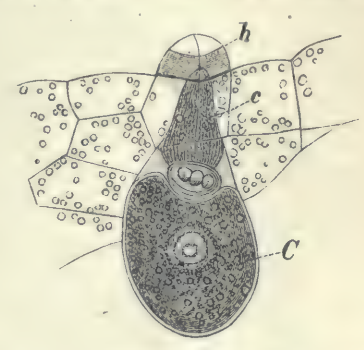


FIG. 171. Archegonium vor der Reife. *C* Centralzelle (Keimzelle), *c* Canalzelle, *h* Halscanal des Archegonium. PRINGSHEIM, Zur Morph. d. Salvinia natans, Jahrb. Bd. 3, S. 484.

Die Gliederung kann annähernd durch dieß beifolgende Schema veranſchaulicht werden:

VIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Azolla).

$$\leftarrow S \overset{s_0}{\text{——}} \underbrace{\overset{W_1}{\qquad}}_{1s\ B_1,\ |\ k_1} \overbrace{\underset{W_2}{\qquad}}^{2s\ B_2,\ |\ k_2} \underbrace{\overset{W_3}{\qquad}}_{3s\ B_3,\ |\ k_3.}$$

Wenn an dem horizontal ſtehenden Stamm *S* die Scheitelzelle, *s*o das jüngſte noch nicht weiter gegliederte Segment, 2*s* 3*s* die älteren Segmente, *B* die Blätter, *k* die Seitenknoſpen bedeuten, ſo ſind die beiden letzteren auf ein Segment zurückführbar. Die Blätter entſtehen aus den rückenſtändigen Theilen, die Seitenknoſpen aus den bauchſtändigen Theilen derſelben Segmente. Die erſteren wachſen als halbkuglige Warzen unter der Ebene, die letzteren ebenſo über der Ebene des Papieres. Durch dieſe Stellung

[1]) STRASBURGER, Ueber Azolla. Jena. H. Dabis. 1873.

verlieren die Knoſpen die Bedeutung der Achſelknoſpen, wiewohl ſie den Theilungen entſprechend nahe Verwandte der Blätter ſind. Die Wurzelinitialzelle *W* ſteht in der Nähe der Knoſpe und in gleicher Höhe mit dieſer.

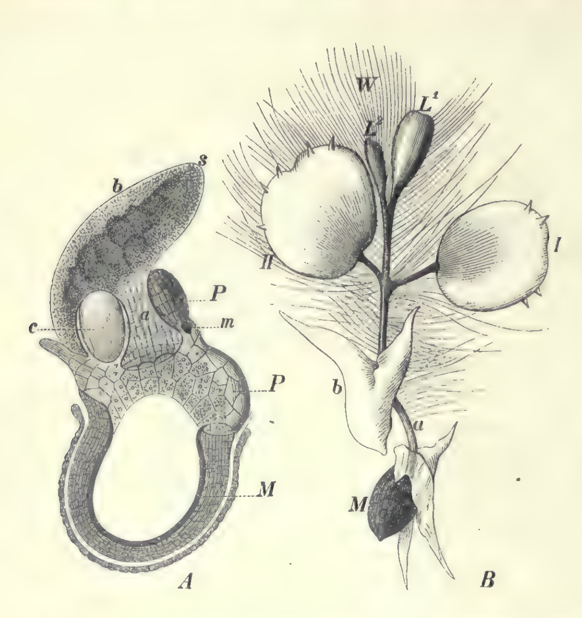


Fig. 172. *A* Mitteldurchſchnitt durch Makroſpore *M*, Prothallium *P*, nachdem der Embryo das letztere durchbrochen, *m* der Ort wo der Halscanal lag, *a* primäre Axe, *s b* Schildchen, *c* Terminalknoſpe des Embryo. *B* entfaltete junge Pflanze noch in Verbindung mit der Makroſpore *M*, *a* Stielchen (primäre Axe), *b* Schildchen, *I II* älteſte Blätter, *W* Waſſerblatt, L^1 L^2 zwei Luftblätter des erſten dreigliedrigen Wirtels.

In jedem Falle bietet die Entwicklungsgeſchichte, deren Verſtändniß zum großen Bedauern des Verfaſſers dieſes Handbuchs nicht durch Abbildungen erleichtert werden kann, ein großes Intereſſe aus dieſen Betrachtungen:

1⁰ bei Salvinia und Azolla iſt der Modus des Scheitelwuchſes identiſch;

2⁰ bei beiden können die Organe als nahe Verwandte derſelben Segmente hergeleitet werden;

3⁰ in keiner der beiden Pflanzen entſtehen die Zweigknoſpen direct am Scheitel;

4⁰ bei der einen Pflanze führt die Gliederung der Segmente zum Luftblatt, Waſſerblatt: Salvinia;

5⁰ bei Azolla dagegen zum Luftblatt, Wurzel: Seitenknoſpe.

Das Waſſerblatt tritt bei der einen Pflanze an die Stelle der Wurzel.

Die ſämmtlichen unterſuchten Azollaarten ſind monöciſch. Die Sori oder Sporangienhaufen entſtehen aus umgewandelten Blattgipfeln der unteren Blätter an den Seitenknoſpen. Der fruchttragende Seitenſproß ſtellt in der Regel ſeine vegetative Thätigkeit ein.

Die Mikroſporangien ſind in ein ellipſoïdiſch kegelförmiges, zweiſchichtiges Indusium eingehüllt; ſie entſpringen einer Columella und ſind lang geſtielt. Der Stiel beſteht aus zwei Zellenreihen. Die Sporangienwand iſt einſchichtig. Der Hohlraum enthält mehrere ſphäriſche Ballen, «Massulae», welche, aus dem geöffneten Sporangium herausgepreßt, mit eigenthümlichen Haaren bedeckt erſcheinen.

Diese «Glochiden» sind ein- oder mehrzellig gegliederte Cylinder mit zwei ankerähnlich gestellten Haken am Scheitel. Die Massula ist eine Schleimmasse, in welcher die Mikrosporen enthalten sind. Die Massula ist jedenfalls eine Mutterzelle mit deutlicher Membran, an welcher die Ankerhaare entsprossen.

Die einzige Makrospore füllt das Makrosporangium vollständig aus und bleibt mit diesem bei der Aussaat verwachsen. Die Makrospore zerfällt in den unteren mit Plasma angefüllten Sporenraum und einen oberen, eigenthümlich gestalteten Hohlraum, welchen STRASBURGER den Schwimmapparat nennt. Die Sporenhaut ist in zwei Schichten gegliedert. Das Episporium (Exosporium) ist leistenförmig, warzig, verdickt, mit eigenthümlichen, außerordentlich zarten hyalinen Fadenbüscheln besetzt. Die Sporenhaut geht an dem oberen abgeplatteten Theil in den Schwimmapparat über. Dieser ist wahrscheinlich ein Ueberrest aus der Masse, welche zum Aufbau der Makrospore verwandt wurde, ein birnförmig gestalteter, einfacher oder getheilter Körper, welcher aus der gleichen Substanz besteht, wie die Zwischensubstanz zwischen dem Epi- und Endosporium bei Azolla und Salvinia (s. Fig. 172 *A* bei *M*)[1]).

Die Schwimmapparate sind einfach oder zusammengesetzt, am Scheitel selbst mit jenen eigenthümlichen Fadenbüscheln besetzt. Zur Zeit der Sporenreife sind die Hohlräume in den Schwimmkörpern mit Luft erfüllt. Sie dehnen sich aus, bewirken das Zerreißen des Sporangium. Die Fadenbüschel breiten sich aus. In diesen bleiben die Glochiden der Massulae haften, in welchen die Mikrosporen eingebettet liegen. (Ueber die Deutung des Schwimmapparates und den complicirten Bau der Sporenhaut, sowie der Fadenbüschel, s. a. a. O. S. 66 bei STRASBURGER.)

D. Anatomie der Salvinieen.

Als Beispiel der Gliederung kann Azolla gewählt werden. Die tiefer belegenen Segmente im Schema, S. 311, theilen sich durch radial gestellte Längswände, so daß der Querschnitt in Quadranten zerfällt, jeder Quadrant theilt sich wiederholt in dem gleichen Sinne. Durch das Auftreten der tangential gestellten Längswände differenziren sich radiale Reihen von Zellen. Während der Streckung entsteht ein central belegener Gefäßstrang mit we-

---

[1]) Denken wir uns einen Durchschnitt durch die Sporenwand der Azolla,

Fadenbüschel, Fadenbüschel,
warzige Erhebung des Epispors, warzige Erhebung,
Vertiefung des Epispors,

so ist der Raum der Erhebung mit jener Zwischensubstanz ausgefüllt, welche an dem einen Pol, da wo das Epispor endigt, in den Schwimmkörper übergeht.

nigen Tracheïden und Leitzellen. Die Wurzel erhält ebenfalls einen centralen Strang, der ſich an denjenigen des Stammes anſetzt. Die Blätter erhalten rudimentäre Stränge. Das Blatt iſt mehrſchichtig, mit ſpaltenführender Epidermis verſehen. Das chlorophyllführende Meſophyll iſt durch große Intercellularräume aufgelockert. Nahe der Einfügung befindet ſich an den Rückenlappen des Blattes eine große Höhle, von deren Grenzzellen gegliederte Haare entſpringen. Die Höhle mündet nach der Bauchfläche durch einen von mehreren Zellen gebildeten, durch Zellenpapillen begrenzten Intercellularraum. Dieſe Höhle wird häufig von Noſtoc beſiedelt.

---

§ 25. Heterospore Gefässpflanzen. III. Obere Stufe der Rhizocarpeen: Marsileaceen (Marsilea und Pilularia).

A. Morphologie.

Der genetiſche Zuſammenhang dieſer Gruppe von Pflanzen wird durch die Keimung erwieſen. Die vegetativen Organe ſind der Stamm, die Wurzel, das Blatt und die Haare.

Gegenüber den gracilen und einjährigen Salvinia und Azolla ſind die Stämme ſtarre, kriechende, perennirende Rhizome mit ſtärker entwickeltem Fibrovaſalſyſtem. Die Behälter der Sporangien ſind metamorphe Blattfieder. Die äußere Gliederung der Pilularia iſt durch dieſes Schema veranſchaulicht:

Ungetheilte lineale Blätter. Kugelrunde Conceptakeln mit Makro- und Mikroſporen.
|
← Scheitelzelle — Horizontales Rhizom ——————|——————
mit Blattanlagen und Seitenknoſpen im Knoſpenzuſtand. mit Wurzeln.

Das Rhizom verzweigt ſich und entwickelt zur Zeit der vegetativen Erſtarkung aus umgebildeten Blättern die kugligen Sporenfrüchte, in welchen ſich Makro- und Mikroſporangien ausbilden.

Die Gliederung der Marsilea iſt ähnlich; das horizontale bewurzelte Rhizom bildet gelappte Blätter, an welchen ein Fiederlappen zur geſtielten Sporenfrucht umgebildet wird. Das Conceptaculum dieſer beſteht aus der Blattſpreite. Der Stiel entſpricht dem Blattſtiel.

Die Entwicklungsgeſchichte wird am beſten von den Sporen hergeleitet.

B. Generation.

Die Sporenfrucht der Pilularia[1]) besteht aus zwei Schalen, die äußere aus stark verdickten, verholzten und radial pallisadenartig gestellten Zellen bestehend, die innere, sowie auch die einzelnen Kammern zur Zeit der Reife wie die Häute der Sporangien gallertartig aufquellend. Im Längs-

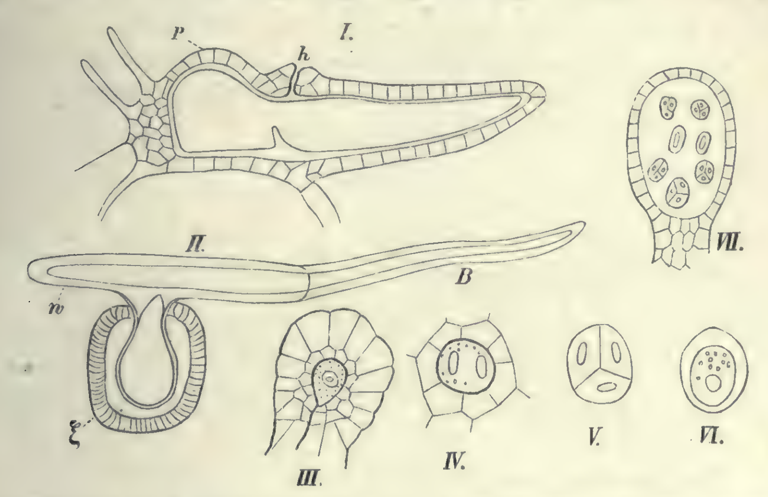


Fig. 173. Entwicklung der Pilularia globulifera, schematisch. *I II* junge Keimpflanze, *h* Halscanal des Archegonium, *P* Prothallium, *E* Exosporium, *W* Wurzel, *B* Blatt. *III* junges Sporangium. *V VI* Sporenmutterzellen. *VII* Sporangium mit normalen und abortirenden Sporen. (Nach Hofmeister.)

durchschnitt durch die Frucht erkennt man zwei Fächer, in jedem Fache stehen an der Wand eingefügt die Sporangien. Im Querschnitt ist die Frucht vierkammerig, und man erkennt die vier Insertionsstellen der Sporangien.

Die Anlagen der Sporangien sind ursprünglich gleich, schon im frühen Entwicklungszustand zeigt sich in dem kugligen Sporangium, Fig. 173 *III*, eine centrale Zelle, welche von zwei Schichten vegetativer Zellen umgeben ist. Diese theilt sich und bildet in einer Reihe von Zellenabkömmlingen die Mutterzellen der Sporen. Bis zur Bildung der Specialmutterzellen und der zu vier entstehenden Sporen verhalten sich alle Sporangien gleich. Von jetzt ab entwickeln sich in den unteren Sporangien die Makrosporen. Die eine Makrospore im Sporangium wächst zur Kugelgestalt, die Nachbarzellen werden resorbirt, die reife Makrospore besitzt eine in prismatische Areolen differenzirte Gallertschicht, welche sich nicht über den Scheitel erstreckt,

[1]) Nach Hofmeister sind die Sporenfrüchte der Pilularia das umgewandelte Ende eines Zweiges, der sich in der Achsel eines der pfriemförmigen Wedel und der Hauptaxe gewöhnlich als Beiknospe in einer der normalen Gabelungen des Stengels bildet.

Fig. 175 bei *E*. Die ſämmtlichen Sproſſe der oberen Sporangien bilden ſich zu Mikroſporen um.

Zur Zeit der Reife ſind alle Gewebe im Innern des Conceptaculum in Quellung, die äußeren Gewebe werden zerriſſen und ſpringen in vier Klappen auf, die Sporen gelangen in's Waſſer. Die Keimung erfolgt nach mehreren Wochen, bei Marsilea nach wenigen Tagen.

Die Conceptakeln der Marsilea entſproſſen an einem Stiele, dem vegetativen Blatt, ſind bohnenförmig abgeplattet. Nach Russow entſpricht das Conceptaculum von Marsilea einem ganzen aus Spreite und Stiel zuſammengeſetzten Blatttheil. Jede Fruchtklappe ſtellt ein ganzes Blättchen des urſprünglich gelappten, vegetativen Blattes dar und trägt eine Reihe von Soris. Die genauere Keimungsgeſchichte ſtimmt bei beiden in den weſentlichen Zügen überein. Wir wählen die von Hanstein für Marsilea gelieferte Entwicklung als Beiſpiel: in dem Fruchtkörper der Marſileen liegt ein Ring knorpeligen Zellgewebes, deſſen Zellen im trockenen Zuſtand eng zuſammengelagert ſind. Zur Zeit der Reife quillt dasſelbe durch die zerriſſenen äußeren Gewebelagen des Fruchtkörpers zu einem Gallertring oder Faden, an welchem die Sori ausgebreitet erſcheinen. Aus den Soris werden die Sporen entlaſſen.

IX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Marsilea und Pilularia).

Mikroſpore, Mikrosporangium, Spermatozoid.	Makroſpore. Das Prothallium iſt farblos, ragt über die Mündung der Makroſpore hervor. Das einzige ſcheitelſtändige Archegonium wird befruchtet.

Die befruchtete Centralzelle bildet Quadranten.

I. Dieſer Quadrant (vergl. Fig. 175) wird zur erſten Wurzel.	II. Erſtes Blatt, vergl. Fig. 174 und 175.
III. Dieſer Quadrant geht ganz in die Bildung der Primäraxe ein, Fig. 175 *f o*.	IV. Von dieſem Quadranten theilt ſich die Scheitelzelle für die beblätterte Pflanze ab, ſ. Fig. 175 *A*. Der andere Theil betheiligt ſich an der Bildung der Primäraxe, Fig. 175 *f o*.

Die ellipſoïdiſchen, mit weißer Sporenhaut und einem Gallertexosporium verſehenen Makroſporen zeigen wenige Stunden nach der Ausſaat die Anlage zu dem Prothallium, welches an einem Pol das Exosporium durchbricht. Es theilt ſich zu einer domförmig über die Makroſpore hervorragenden Gewebegruppe. In der Anſicht von oben erſcheint es in Quadranten und Octanten getheilt. Die Anordnung der Zellen iſt eine ſtrahlige. Eine centrale, ſehr große Zelle wird zur ſpäteren Keimzelle. Der Scheitel des Prothallium iſt von dem aus vier Zellen beſtehenden, kurzen Halstheil beherrſcht, Fig. 174 *Ah*.

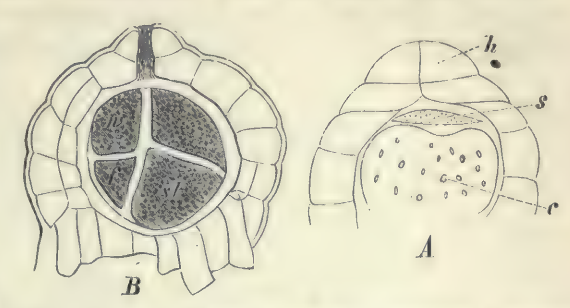


Fig. 174. Marsilea. *A* Archegonium vor der Befruchtung, *h* Halscanal, *s* im Canal ein Schleimkörper, welcher vor der Befruchtung ausgeſtoßen wird, *c* Centralzelle. *B* befruchtetes Archegonium, die Centralzelle in Quadranten getheilt, 17 Stunden nach der Befruchtung.

Der Hohlraum der Centralzelle enthält die Keimkugel und die kleinere Zelle, Canalzelle (nach Pringsheim, vergl. Salvinia). Dieſe wird ejaculirt und öffnet dabei durch ihren Quellungsdruck den Halscanal.

Die Mikroſpore iſt kuglig, ſie theilt ſich bei der Keimung in 4, 8, 16 Mutterzellen der Spermatozoiden. Nach der Anlegung dieſer wird der Geſammtinhalt entlaſſen. Die Spermatozoiden treten aus ihren Mutterzellen mit der Plasmablaſe, in welcher feine Stärkekörnchen enthalten ſind, aus und ſchwärmen. Ihre Geſtalt weicht außerordentlich von derjenigen der bekannten übrigen Kryptogamen ab: eine allmälig durch 10—15 Windungen verjüngte Spirale mit zahlreichen Wimpern. Die befruchtete Eizelle erhält bald eine zarte Membran, theilt ſich über das Kreuz in Quadranten, Fig. 174 *B*. Die Weiterentwicklung ſchließt ſich ziemlich gut an Pilularia und Isoëtes für letztere, wenigſtens für die jüngeren Keimphaſen, an; die größere Uebereinſtimmung herrſcht freilich mit Pilularia. Wurzel und Blatt, Fig. 173, 175, erreichen oft die Länge von über 1 mm, ehe das Prothallium zerreißt. Die entgegengeſetzte Lage von Blatt und Wurzel in der Winkeldivergenz von nahezu 180° iſt durchaus charakteriſtiſch.

C. Anatomische Gliederung von Stamm, Blatt und Wurzel.

Die Entwicklung der Marsilea läuft durch die Figuren 174 *B*, 175 *A B*, 169 *III*. In der letzteren Darſtellung iſt das Blatt bis zu der Anlage des primären centralen Gefäßbündels differenzirt, ebenſo die Wurzel. Jetzt ſind 4—5 Tage nach der Ausſaat vergangen, Wurzel und Stamm wachſen mit einer dreiſeitigen Scheitelzelle. Bei dem ſiebentägigen Keimling ſind bereits mehrere Wurzeln und Blätter angelegt. In der weiteren Gliederung

des Stammes iſt zu beachten, daß die Segmentirung nach $^1/_3$ um die dreiſeitige Scheitelzelle vor ſich geht. Das Stämmchen wächſt horizontal weiter. Aus zweien dieſer Segmentreihen entſproſſen die Blätter, aus der anderen die Wurzeln.

Das Blatt wächſt mit einer Scheitelzelle. Das erſte Blatt iſt ungetheilt, allmälig aber werden die folgenden complicirter gegliedert, zwei- bis vier-

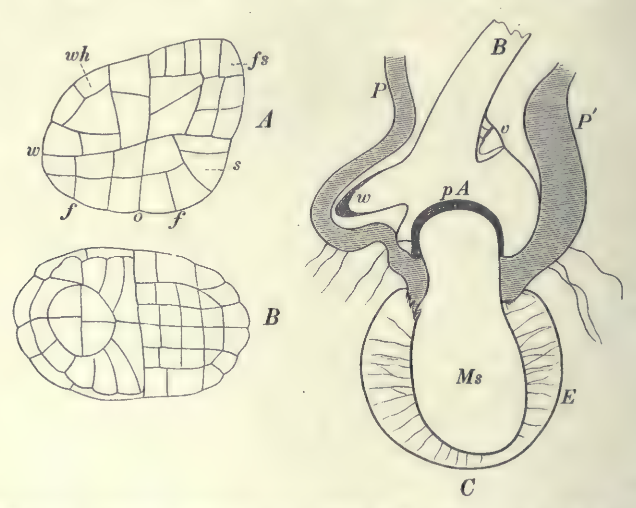


Fig. 175. *A B* Marsilea, *C* Pilularia. *A* Durchſchnittsanſicht der Keimpflanze, *s* Scheitel des Stammes, *f o f* die primäre Axe aus einem Theil des rechten unteren und des ganzen linken Quadranten beſtehend, *w h* Initiale zur Wurzelhaube, *fs* Scheitel des Blattes, welches aus dem rechten oberen Quadranten hervorgeht, der ganze linke obere Quadrant wird zur Wurzel. *B* die Keimanlage *A* iſt um eine horizontal ſtehende Axe um 90° gedreht, man ſchaut jetzt von oben auf den rechts liegenden Blattquadranten, in dem links liegenden Wurzelquadranten ſieht man vier über's Kreuz geordnete Zellen, die Initialen der Wurzelhaube. *C* ſchematiſche Darſtellung der Keimpflanze von Pilularia globulifera, nachdem das Prothallium zerriſſen iſt, *Ms* Makroſpore, *E* Exine derſelben, *P P'* Prothallium, *pA* primäre Axe, *w* Wurzel, *B* Blatt, *v* Vegetationspunkt.

lappig. Die Blätter wachſen zuerſt durch die einzige Scheitelzelle in der Weiſe, daß der Blattſtiel gefördert wird; zuletzt bildet ſich, indem die Theilungen und der Zuwachs auf die Randzellen übertragen werden, die Blattſpreite. Die Gefäßbündel entſtehen aus den axilen Zellen der Blätter, der Wurzeln und des Stammes und ſchließen ſich in akropetaler Folge gegenſeitig zuſammen. Die vegetative Verzweigung geſchieht durch Axillarſproſſe.

---

§ 26. Vergleichende Entwicklungsgeschichte von Selaginella und Pinus.

Bei der Betrachtung der Lycopodiaceen wurde die Gattung Selaginella vernachläſſigt, damit Raum gewonnen werden konnte für eine vergleichende

Keimungsgeſchichte, welche den genetiſchen Zuſammenhang zwiſchen den Gefäßkryptogamen und Gymnoſpermen darthut. Das Reſultat dieſer Entwicklungsgeſchichte gehört zu den bedeutendſten Erfolgen der botaniſchen Forſchungen in der neueren Zeit. Die Kluft, welche in der continuirlichen Kette von allmälig ſich vervollkommnenden Pflanzenformen zwiſchen den Kryptogamen und Phanerogamen beſtund, iſt damit überbrückt.

Was zunächſt den Sexualact angeht, ſo kann Selaginella als ein landbewohnender Abkömmling von Waſſerpflanzen angeſehen werden, welcher für die geſchlechtliche Miſchung die Anpaſſung an eine Waſſerbahn beibehalten hat. Pinus (wie alle Coniferen) dagegen iſt ein entfernterer Verwandter desſelben Stammes mit der Anpaſſung derſelben Organe an die Atmoſphäre. Wir erhalten als weſentliche Züge für die Vergleichung die Befruchtung und die Entwicklung der Keimpflanze.

Selaginella.

Die perennirende beblätterte und bewurzelte Pflanze bildet zur Zeit der vegetativen Erſtarkung die Endtriebe der beblätterten Zweige höherer Ordnung zu Sporangienträgern um. Ein ſolcher Zweig gleicht dem Blüthenſtand der Nadelhölzer, die Blätter ſind kleiner und in der Geſtalt einfacher, die Sporangien entſtehen als Axillarſproſſe; nennen wir A die Axe des in Frage ſtehenden Zweiges, B das Blatt, S das Sporangium, l die Ligula, ſo herrſcht für den Querſchnitt dieſe Anordnung:

$$\begin{matrix} A \\ S \\ l \\ B, \end{matrix}$$

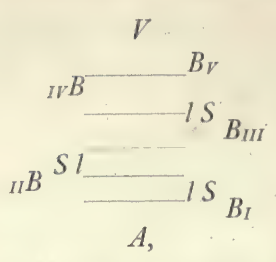
wo von A nach B die Mediane liegt. Zahlreiche Sporangien mit den zugehörigen Blättern ſtehen in cycliſcher Folge an der Axe A. Im Längsſchnitt durch einen Sporangienzweig erhalten wir dieſe Anordnung:

Pinus.

Die beblätterte bewurzelte Baumpflanze bildet zur Zeit der Erſtarkung (Mannbarkeit), mehrere Jahrzehnte nach der Ausſaat, an beſonderen Zweigen der letzten Ordnung männliche und weibliche Blüthenſtände. Die Zweige gleichen bis zu einer beſtimmten Zeit den beblätterten, ſowohl in der Stellung der Seitenorgane (Blätter) als auch in deren Geſtalt, ſpäter entwickeln ſich die männlichen abweichend von den weiblichen. Der männliche Zweig beginnt mit einigen umgebildeten Laubblättern, welche gezahnt, ſchuppenförmig werden und eine geringere Entfaltung zeigen als die tiefer ſtehende Laubblattregion, die höher ſtehenden Blätter werden in Antheren a umgebildet, zweifächerige Behälter, welche den Mikroſporangien entſprechen:

$$\begin{matrix} A. \\ a. \end{matrix}$$

Zahlreiche Antheren a ſtehen um



wo vom Vegetationspunkt *V* nach *A* die Axe zu denken iſt. Die aufeinanderfolgenden Glieder *I*, *II* u. ſ. f. entſprechen den einzelnen Schritten, in der Nähe von *V* iſt im Zeitpunkt der Beobachtung erſt das Blatt angelegt.

die Axe in cycliſcher Folge geordnet. Die weiblichen Zweige, Zapfen, ſind complicirter gebaut, für ein Element erhalten wir im Querſchnitt (Diagramm):

A
ov *ov*
Placenta
D,

worin *ov* die Ovula oder Blüthen, *D* die Deckſchuppe bedeuten. Von *A* nach *D* geht die Mediane. Viele ſolcher Elemente ſtehen in cycliſcher Folge um die Axe. Die Gruppe von zwei Ovulis mit der Placenta ſtellt den Axillarſproß zu dem Deckblatt *D* dar.

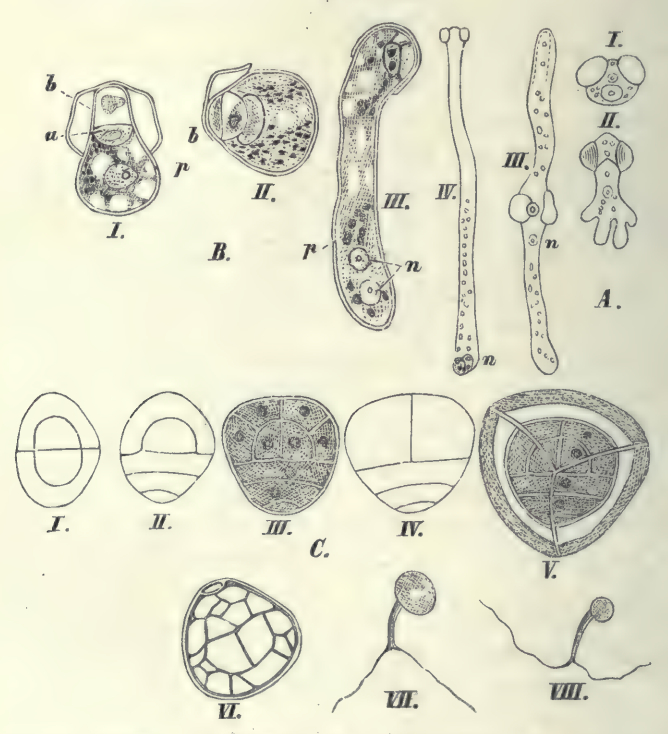


FIG. 176. *A* Pollen der Abietineen. *I* das Pollenkorn vor der Schlauchbildung, in *II* hat ſich ein verzweigter Schlauch gebildet, in *III* ſind zwei Schläuche entwickelt, in *IV* der normale Verlauf der Schlauchbildung, *n* die Nuclei (nach STRASBURGER). *B* Ceratozamia. *I—III* keimende Pollenkörner, *b* Baſalzelle, *a* nächſte Zelle, *p* Pollenſchlauch. *C* Selaginella, *I—VI* Entwicklungsreihe der Mikroſpore (nach PFEFFER), *VII VIII* die freien Spermatozoiden.

Die Sporangien beſtehen aus einer geſtielten Kapſel von ſphäriſcher Form. Mehrere Wandzellenlagen umgeben die Urmutterzellen der Sporen. Die Mutterzellen theilen ſich im Mikrosporangium in vier Tochterzellen, aus welchen die Mikroſporen von Geſtalt eines Tetraëders hervorgehen als trockenes Pulver, welches zur Zeit der Sporenreife am Ende der Vegetationsperiode verſtäubt, zur Ausſaat auf feuchter Erde gelangt. Die Sporenhaut iſt doppelt geſchichtet (das Exosporium und Endosporium), die tetraëdriſche Mikroſpore keimt nach kurzer Ruhezeit unter geeigneten Bedingungen (auf feuchter Erde und bei genügender Temperatur).

Nur die Antheren oder Mikroſporangien entſprechen einer zweifächerigen Kapſel, in welcher die Urmutterzellen der Pollenzellen (Mikroſporen) von einer mehrſchichtigen Wandung umgeben ſind. Die Mutterzelle der Pollen bildet vier Tochterzellen von ellipſoïdiſcher Geſtalt. Jede Pollenzelle, Mikroſpore, iſt zweizellig mit doppelter Wand, die Exine bildet zwei lufterfüllte Säcke, welche die Pollen windtüchtig machen. Das trockene Pulver der Pollen wird im Beginn der Vegetationsperiode verſtäubt und fliegt eventuell auf dem weiblichen Blüthenſtand an.

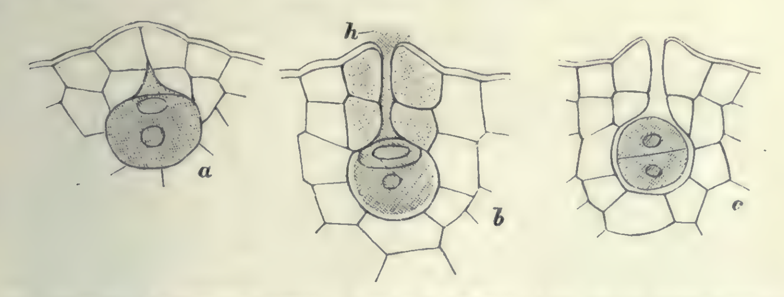


Fig. 177. Selaginella. Reihe von Archegonien, *a* vor der Befruchtung, *b* zur Zeit der Geſchlechtsreife, im Halscanal *h* liegt die Maſſe der ejaculirten Canalzelle, *c* nach der Befruchtung, die Keimkugel hat eine zweizellige Embryoanlage gebildet.

Die Mikroſpore theilt ſich mehrfach, Fig. 176, die Tochterzellen ſind die Mutterzellen der Spermatozoiden, welche mit dem Plasmabläschen entlaſſen werden, mit zwei Cilien, Fig. 176 *VII VIII*, ſchwärmen und eventuell den Halscanal der Archegonien treffen. Hierin liegt der directe Anſchluß an die übrigen höheren Kryptogamen. Bei den Gymnoſpermen iſt jede Anlage für die Bildung der Samenfäden

Die Pollenzelle von Pinus (den Abietineen), Fig. 176 *A B*, bildet die eine Zelle *a* in *I* der Figur nicht weiter oder es entſtehen aus dieſer wenige Zellchen, welche ſich indeß an den weiteren Vorgängen nicht weſentlich betheiligen. Das Pollenkorn keimt nach einigen Tagen im weiblichen Apparat (ſ. Fig. 179 *III P*) bei Abies, Picea, erſt nach einem Jahr bei Pinus und Cedrus. Die größere

verſchwunden, die Befruchtung geſchieht mit Hilfe des Schlauches und durch den Zellenkern.

Mutterzelle *p* bildet zwei Zellkerne *n* Fig. 176 in *III* und *IV*. An Stelle der Samenfäden vermittelt einer der Kerne *n* die ſexuelle Miſchung.

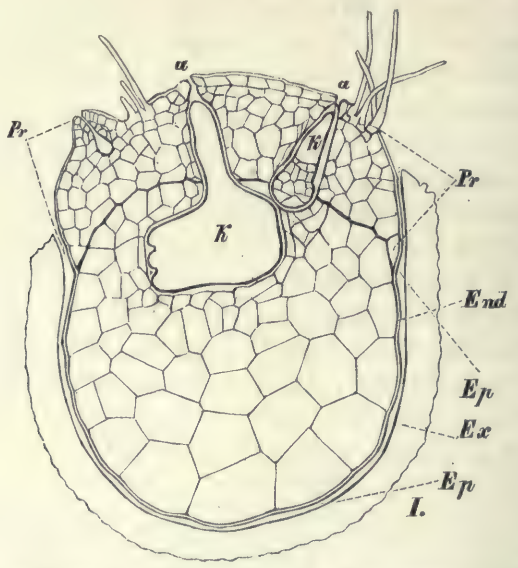


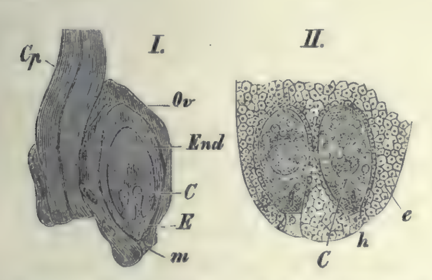
Fig. 178. Makroſpore von Selaginella nach der Befruchtung. Der Zellenkörper, welcher den Hohlraum der Spore ausfüllt, *Ep* das Endoſperm, *End* Endo-, *Ex* Exosporium, *a* die Archegonien, *Pr* das Prothallium, *K K* zwei Keimanlagen, von welchen die eine vorgeeilt iſt.

Die Theilungen in dem Makrosporangium ſind ähnliche, da aber die Sporen raſch heranwachſen, werden in der Regel faſt alle Schweſterſporen reſorbirt. Die reife Makroſpore iſt einzellig, ellipſoïdiſch oder kuglig, von der Größe eines Hirſenkornes, mit einem derben, bei einigen Arten mit Leiſten verſehenen Exosporium, Fig. 178, und einem zarten Endosporium. Der Sporenhohlraum iſt mit Oel und Protoplasma angefüllt. Die Makroſpore wird gleichzeitig mit den Mikroſporen entlaſſen und keimt mit dieſen unter den gleichen Bedingungen. In dem Prothallium, *Pr* Fig. 178, welches meniskenförmig

Sehen wir für Pinus zunächſt von der Bedeutung der Placenta und der Deckſchuppe ab und halten uns an das Ovulum. Dasſelbe iſt ein ellipſoïdiſcher Sproß, welcher als eine kleine Zellenwarze an der Placenta entſpringt. Bald entſpringt an der Placenta eine blattartige Hülle (Eihülle, Integument), welche den Eiſproß bis an den Scheitel einhüllt. Dort bleibt ein Canal, die Mikropyle. Das Integument iſt nach einer Seite tütenförmig erweitert. Dort fällt das Pollenkorn auf den Eikern. Im Innern der Eiknoſpe wächſt eine Zelle vor der Geſchlechtsreife heran, der Embryoſack, welcher reich-

über die Oberfläche der zerriſſenen Sporenhaut hinaustritt, bilden ſich aus den Randzellen die Archegonien in größerer Anzahl. Der Halscanal iſt eingeſenkt oder überragt die Prothalliumfläche mit vier Zellen, *h* Fig. 177. Die Centralzelle mit deutlichem Kern bildet, wie bei Salvinia, die Canalzelle, welche zur Zeit der Geſchlechtsreife den Halscanal öffnet und ejaculirt wird. Die Spermatozoiden gelangen in den Halscanal. Die befruchtete Keimkugel bildet zunächſt zwei Zellen, Fig. 177 *c*. Ein Nebeneffect der Befruchtung iſt die Ausbildung des Endoſperms. Durch freie Zellbildung werden alle disponiblen Nährkörper im Hohlraum der Makroſpore in ein feſtes Gewebe mit zartwandigen Zellen eingeſchloſſen, *End* Fig. 178.

lich mit Protoplasma und Stärkemehl erfüllt iſt. Der Pollenſchlauch bewirkt zunächſt bezogen auf den ſexuellen Act eine Reihe vom Umbildungen, welche als Nebeneffecte der Befruchtung angeſehen werden müſſen. Alle Theile, ſowohl die Eiknoſpe und die Placenta, als auch die Zapfenaxe wachſen beträchtlich heran. Der Embryoſack füllt ſich mit Endoſperm, durch freie Zellbildung im Scheitel des Embryoſackes, Fig. 179, entſtehen zwei Archegonien (ſecundäre Embryoſäcke oder Corpuscula der älteren Autoren). In dieſem Zuſtand iſt die Sachlage für Abies canadensis in den Fig. 179 *I II III* bei verſchiedener Vergrößerung feſtgehalten.



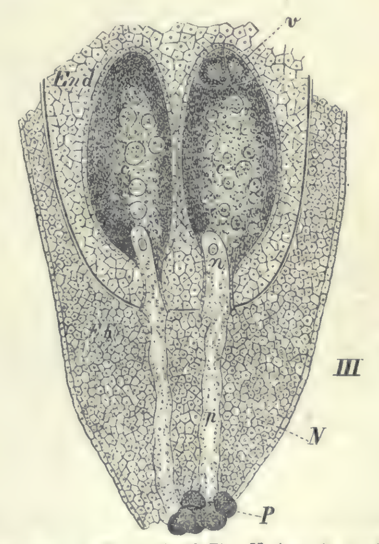


Fig. 179. Abies canadensis. *I* axiler Längsdurchſchnitt durch die Placenta und einen Eiſproß *Ov*, *Cp* die Placenta (Carpellblatt), *m* Mikropyle, *C* zwei Corpuscula, *End* Endoſperm. *II* der Scheitel des Endoſperms *e* mit den beiden Corpusculis aus dem Eikern und dem Integument frei präparirt, bei *h* die Canalzelle der Corpuscula, in den Corpusculis befinden ſich ſphäriſche Plasmamaſſen. *III* Scheitel des Eikerns *N* und *Ek*, nachdem das Integument entfernt iſt, *P* zwei Pollenkörner, welche ihre Schläuche *p* durch den Eikern *Ek*, durch den Scheitel des Endoſperms *End* geſandt haben; dieſelben ſind in die Corpuscula eingedrungen, nachdem die Canalzelle, *h* Fig. *II*, (und die Deckelroſette nach Hofmeister) zerſtört wurde. In dem entgegengeſetzten Pol des Corpusculum bei *v* iſt die zweizellige Embryoanlage an die Wand angepreßt, *n* einer der Nuclei im Pollenſchlauch.

Die Keimanlage, welche im Zuſtande von zwei Zellen, Fig. 177 *c*, die Centralzelle des Archegonium aus-

Die Befruchtung wird dadurch vermittelt (wenigſtens nach einer genauen Beobachtung Strasburger's),

füllt, wächſt nun inſofern abweichend von den Keimanlagen der Iſoëteen,

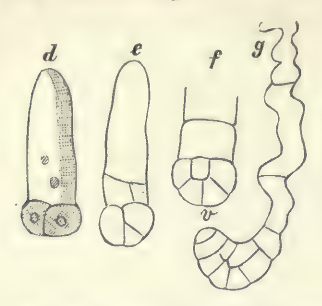


Fig. 180. Frei präparirte Vorkeime von Selaginella, ſie entſprechen jüngeren Zuſtänden der Embryonen, welche in der Fig. 178 im Endoſperm der Makroſpore eingeſchloſſen ſind. *d* einzelliger Vorkeim mit zweizelliger Keimanlage, *e* der Vorkeim getheilt, die Keimanlage an deſſen Ende dreizellig, *f* untere Endigung eines Vorkeims mit mehrzelligem Scheitel (nach Pfeffer), *g* Vorkeim und Keimanlage, älterer Zuſtand (nach Hofmeister).

Salvinieen und Marſiliaceen, als ſie zuerſt einen cylindriſch gegliederten

daß von den beiden Zellkernen des Pollenſchlauches einer in deſſen vorderes Ende ſich einzwängt. Nachdem der Pollenſchlauch in den Scheitel des Corpusculum eingedrungen iſt, Fig. 179 *III*, wird dieſer Kern nach dem Corpusculum durch die quellende plaſtiſche Spitze des Schlauches entlaſſen, Fig. 181. In *a* liegt der Kern des Schlauches *n* noch in deſſen Nähe, *n'* der Kern des Corpusculum, beide verſchmelzen zu einer einzigen Kernmaſſe. Sehr bald nach dieſem Vorgang findet ſich in dem entgegengeſetzten Pol des Corpusculum die Keimanlage als eine Plasmamaſſe mit zarter plaſtiſcher Membran differenzirt, Fig. 179 *v*, Fig. 182 *B*. Sie iſt genau in die Endigung eingepaßt.

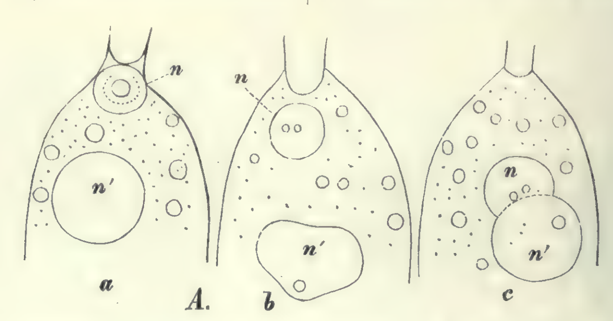


Fig. 181. Vorderer Scheitel des Corpusculum von Abies canadensis, in Verbindung mit der Spitze des Pollenſchlauchs, *n* deſſen Zellkern, *n'* der Zellkern des Corpusculum, *b* ſpäterer Zuſtand, der Kern des Pollenſchlauches im Corpusculum auf der Wanderung, *c* die beiden Kerne miteinander in Verbindung, im Begriff gegenſeitig ſich zu verſchmelzen.

Vorkeim bildet, welcher das Prothallium in der Richtung nach dem Centrum der Makroſpore durchbricht, Fig. 178. Derſelbe wächſt als eine hyaline keulenförmige Zelle bis in das Endoſperm, theilt ſich durch Wände ſenkrecht zu ſeiner Axe und ſchiebt damit die Embryoanlage in das Nährgewebe, auf deſſen Unkoſten

Ihre Geſtalt iſt daher nach dem Pol zu von einem ſteileren, nach dem Innern des Corpusculum zu von einem flacheren Paraboloïd begrenzt. Dieſe Keimanlage theilt ihre Kerne, welche eine Zeit lang mit den früher ſchon beachteten Kernfäden verbunden ſind, in zwei, bald tritt eine in der Axe des Corpusculum orientirte Wand auf.

die Weiterbildung geſchieht, vergl. Fig. 180 mit Fig. 178. Als eine weitere Nebenwirkung der Befruchtung, welche ſich im frühen Entwicklungszuſtande geltend macht, muß der Umſtand angeſehen werden, daß das Prothallium Wurzelhaare bildet (Fig. 178 *Pr* am vorderen Rande), welche in die Unterlage einzudringen vermögen. In dem Maße, wie die junge im Endoſperm eingeſchloſſene Keimpflanze ſich weiter differenzirt, führt ihre Primäraxe eine Drehung durch Wachsthum aus, welche ihren bei *v*, Fig. 180 *g*, gelegenen Scheitel wieder nach dem Prothallium zu kehrt. Dieſe Wendung iſt in dem einen Keimling, welcher am Scheitel mit drei Zellenwarzen, Fig. 178, halbſchematiſch verzeichnet iſt, zur Hälfte bereits ausgeführt. Ein hervorragender Zug gegenüber den früher betrachteten heteroſporen Gefäßkryptogamen iſt ſomit bei Selaginella die Bildung des Vorkeims, die Ausbildung des Keimlings bis zur Anlegung aller Organe: der primären Blätter, der Axe und Wurzel, ohne daß das Prothallium weſentlich in Mitleidenſchaft gezogen wird.

Das zweizellige Keimkügelchen, Fig. 180 *d*, theilt ſich wiederholt und vergrößert ſich dementſprechend. Ein mittlerer Zuſtand der Entwicklung der Keimanlage iſt in der Fig. 182 dargeſtellt.

Die Anlage iſt jetzt zweizellig, *A* Fig. 182. Eine genau zu dieſer ſenkrecht ſtehende Wand in jeder der zwei Zellen macht nach der Theilung der Kerne die Anlage vierzellig. Dieſe vier Zellen theilen ſich durch Querwände ziemlich genau in gleichem Sinne, ſo daß 3—4 Etagen entſtehen,

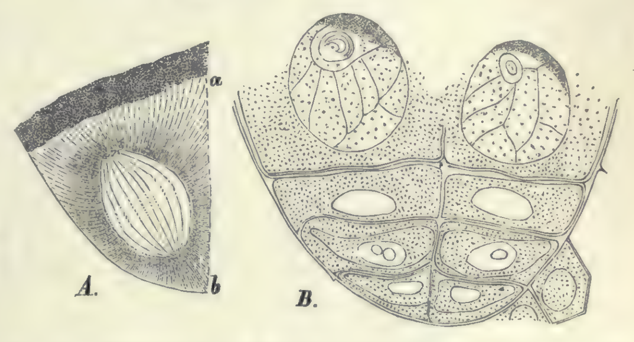


Fig. 182. Hinteres Ende des befruchteten Corpusculum, vergl. *v* Fig. 179. *A* die eine der Vorkeimzellen in Theilung. Die beiden Kerne ſind in der Geſtalt einer Tonne durch mehrere Kernfäden verbunden. *B* Theilungszuſtand des Vorkeims zu einer Zeit, wo derſelbe aus drei Etagen von Zellen beſteht, in jeder Etage liegen vier Zellen, vergl. Fig. 183 *D* und *E*, wo dieſe geſtreckt und iſolirt ſind.

Fig. 182 *B*, in jeder dieſer Etagen liegen vier Zellen. Allmälig dringt dieſer Zellencomplex mit der kegelförmigen Spitze in das Endoſperm ein. Oft windet ſich hierbei der Vorkeim im Spiral zuſammen, ehe die Spitze den Durchbruch in das Gewebe des Endoſperms erreicht. Dieſe Zuſtände ſind ſchon von Th. Hartig beobachtet worden. In dieſer Phaſe iſt es leicht, den ganzen Complex der Vorkeimfäden mit der Nadel an der Präparirlupe herauszuziehen und von den umgebenden Geweben zu iſoliren.

Von nun ab wächſt der Vorkeim ſo, daß er auf mehrere Millimeter weit in das Endoſperm vordringt. Seine Bahn wird am beſten in der Fig. 179 *I* unterſucht. Sie

184 dargeſtellt. Auf eine der beiden Anfangszellen laſſen ſich mit einiger Sicherheit zurückführen die Scheitelzelle *t* des Stammes und ihre nächſten liegt in der Verlängerung der Axe des Corpusculum nach dem oberen Theil des Endoſperms *End.* Zwiſchen den beiden Corpusculis macht ſich

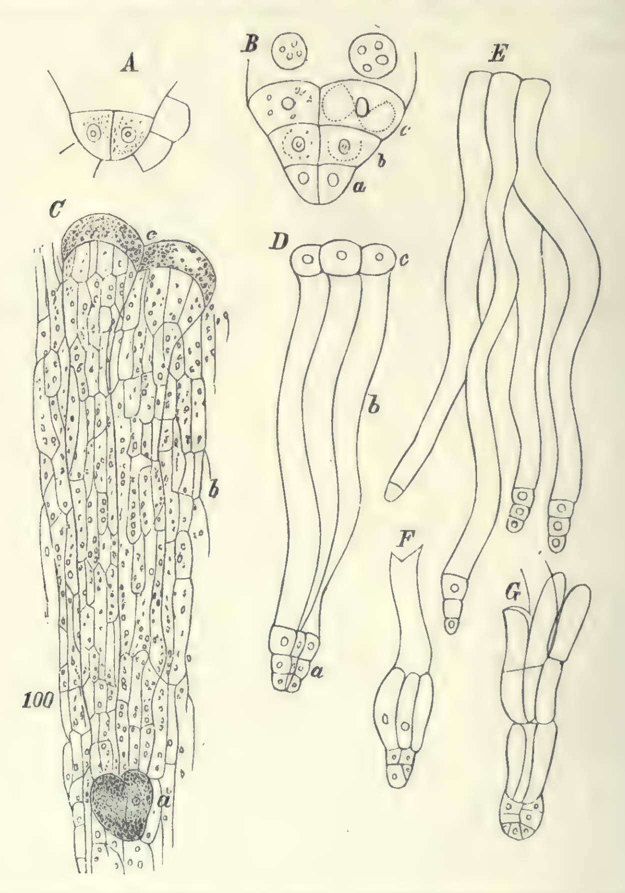


Fig. 183. Pinus Strobus. Entwicklungsreihe des Vorkeims. *A* derſelbe aus vier Zellen in einer Lage beſtehend im Grunde des Corpusculum. *B* derſelbe beſteht aus zwölf Zellen, je vier in einer Etage. *C* derſelbe in das Endoſperm gewachſen, *c* die Zellenreihe, welche im Grunde des Corpusculum verbleibt, *b* die geſtreckte, *a* die theilungsfähige. *D* die vier Vorkeimfäden aus *C* iſolirt. *E* weiteres Stadium eines Fadens, die Keimanlage am Ende beſteht aus drei Zellen. In *E* ſieht man, daß die Streckung zu Elementen des Vorkeims ſich über mehrere Zellengenerationen erſtreckt. *F* und *G* ſpätere Zuſtände eines Vorkeimfadens.

Segmente und die Scheitelzelle t' eines der beiden erſten Blätter (vergl. Fig. 185), auf die andere der beiden Zellen aber der Scheitel t'' des anderen Blattes. Aus dieſem Theil entſteht auch die Wurzel, nach- eine von dieſen allmälig verſchmälerte Zone von Zellen bemerklich, in welcher die Reſervekörper Oel, Stärke und Eiweiß beſonders reichlich abgelagert ſind. In dieſer Zone wachſen die beiden Vorkeimkegel der zwei

dem indeß alle wesentlichen Organe der Keimanlage differenzirt sind, nämlich die beblätterte Axe und

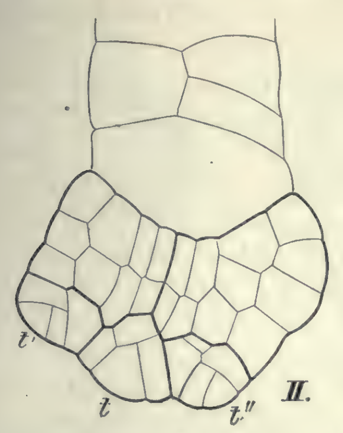


Fig. 184. Durchschnittsansicht des Keimlings von Selaginella, späterer Zustand nach *f* Fig. 180. In dem oberen Theil ist eine kleine Parthie des Vorkeims dargestellt, die an diesem entstandene Keimanlage läßt sich durch die stärker ausgezogenen Contouren noch auf die zwei ersten Zellen der Anlage zurückführen. *t* ist die Scheitelzelle des Stammes, *t' t''* diejenigen der Blätter.

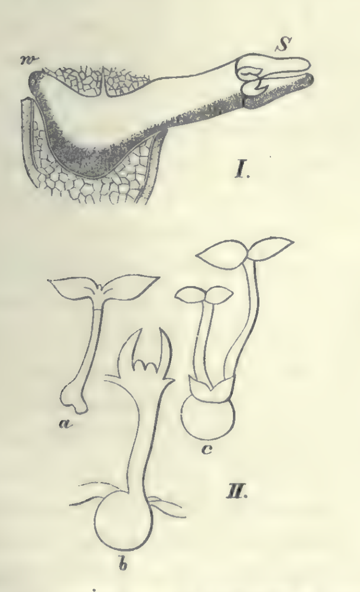


Fig. 185. Selaginella. *I* die Keimpflanze in Verbindung mit der Makrospore, *w* die Wurzel, *S* der Stamm. *II* die späteren Keimpflänzchen in Verbindung mit der Makrospore, *a* noch unverzweigt, *b* die ersten Seitenzweige, *c* zwei Keimpflanzen aus einer Spore.

Corpuscula. Die obere Zellenetage *c* in Fig. 183 in *C D* bleibt im Pol des Corpusculum verwachsen, die mittlere streckt sich zu hyalinen Cylinderzellen, *b* Fig. 183 *C D*, welche das Gewebe des Endosperms auf ihrer Bahn resorbiren. Die untere Etage von Zellen streckt sich nicht wesentlich, bildet aber durch zwei Theilungen die dreizellige Anlage des Keimlings, Fig. 183 *E*.

Picea.

Bei den Gattungen Abies, Pinus, Tsuga, Larix und Cedrus ist die Weiterentwicklung die gleiche. In jenem Strang von nährstoffreichem Gewebe des Endosperms vereinigen sich die Keimanlagen von zwei Corpusculis. In einigen Fällen wickelt sich der Vorkeim spiralig auf, ohne merkliche Fortschritte nach dem Endosperm zu machen, und erfüllt oft den größeren Theil des Corpusculum. In anderen Fällen, Fig. 183 *C*, dringt der Vorkeim rasch und gradlinig in dem Endosperm vor. Wie dem auch sei, die endliche Weiterentwicklung ist die gleiche. Die vier Vorkeimzellen trennen sich, Fig. 183 *E*, und jeder Cylinderfaden wächst nach eigenem Trieb in das Endospermgewebe. Acht solcher machen sich gegenseitig den Raum streitig. Im August findet man nur einen einzigen siegreichen Keim, die übrigen sieben sind bereits resorbirt oder doch gegenüber dem einzigen siegreichen verkümmert. Die Weiterentwicklung derselben führt zunächst zur Bildung des Keimkügelchens aus der unteren der drei

der Fuß, welcher in der Makroſpore wurzelt.

Die junge Keimpflanze bleibt mit der primären Axe im Endoſperm

Zellen, Fig. 183 *E*, die beiden oberen theilen ſich durch Längswände in 3—5 Zellen, welche mächtig heranwachſen und eine ähnliche Textur

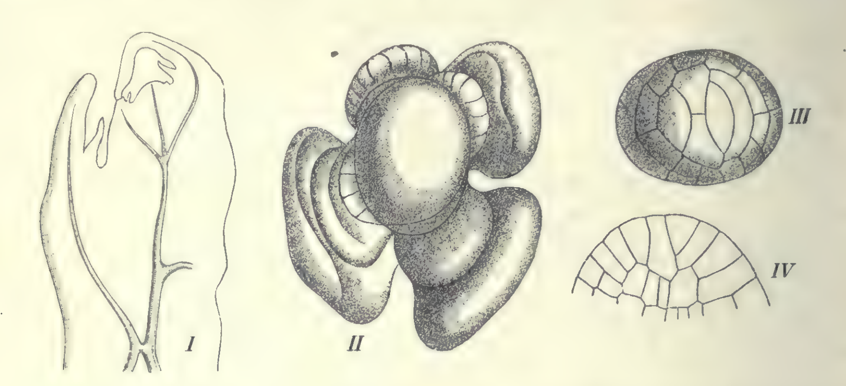


FIG. 186. Selaginella inæqualifolia. *I* ein Wurzelträger, welcher zu einem Stamm umgebildet iſt, mit dem Strangverlauf im axilen Durchſchnitt, die rechte Seite iſt die Oberſeite. *II* Scheitelanſicht einer Zweigknoſpe, die Blätter ſind nach einer Seite ſtärker gefördert als nach der entgegengeſetzten. *III* und *IV* die Scheitelzellengruppe eines Zweiges, welcher ſoeben zwei Gabeläſte bildet. In *III*, der Scheitelanſicht, erkennt man zwei zweiſchneidige Scheitelzellen, an der rechten das jüngſte Segment. In *IV* iſt dieſelbe Gruppe im Längsſchnitt dargeſtellt (nach PFEFFER).

verwachſen, die Wurzel durchbricht das Prothallium, die ſecundäre Axe ebenfalls. Dieſe entwickelt zunächſt die beiden Keimblätter und aus den Axillarknoſpen im weiteren Verlauf die Seitenzweige, Fig. 186, als Dichotomien nach früher geſchilderten Wachsthumsnormen. Der weſentliche Unterſchied in dem Verlauf der Keimung beſteht ſomit darin, daß die Evolution der Eizelle und die Keimung im gewöhnlichen Sinne in dieſelbe zuſammenfallen und ſich außerhalb der Mutterpflanzen vollziehen, während bei den höheren Verwandten der erſtere Vorgang ſich an dem Zweig der beblätterten Mutterpflanze abſpielt, bis zur Bildung der Keimpflanze. Ausſaat und Keimung erfolgen bei den Gymnoſpermen, nachdem der Same ausgeflogen iſt.

erhalten wie der Vorkeimfaden. In *F* und *G*, Fig. 183, ſind zwei Zuſtände der Keimkugel mit dem anhaftenden Vorkeim dargeſtellt. Aus dem Keimkügelchen entwickelt ſich die Keimaxe, welche am vorderen Ende die 5—10 Keimblätter als ſphäriſche Zellenwarzen anlegt, am entgegengeſetzten Ende geht ſie in die Pfahlwurzel über. Zur Zeit der Samenreife liegt der Keimling in dem Reſt des Endoſperms eingeſchloſſen, der größte Theil desſelben iſt in dem Keimling reſorbirt. Das Integument erhärtet und ſchließt den Reſt des Eikerns, des Endoſperms und den Keimling ein. Dieß iſt der Same, welcher noch in demſelben Herbſt bei Abies, oder im nächſten Frühling bei Picea zur Ausſaat gelangt. Als Monſtroſität findet man bei der

Hinſichtlich der Stellung entſpricht das Sporangium in der Blattachſel der Selaginella dem Axillarſproß bei Pinus, aus welchem die Ovula hervorgehen.

Weißtanne häufig, daß der Keimling die verkehrte Lage zeigt, ſo daß die Wurzel der Mikropyle zu-, die Keimknoſpe derſelben abgewendet iſt.

Wir erhalten aus vorſtehender vergleichender Entwicklungsgeſchichte dieſe Analogieen zwiſchen Selaginella und Pinus (man vergl. die Tabelle S. 46):

1⁰ das Mikrosporangium von Selaginella entſpricht der Anthere von Pinus;

2⁰ die Mikroſpore entſpricht der Pollenzelle;

3⁰ das Gewebe der Spermatozoidenmutterzellen entſpricht den Zellenrudimenten im Pollen, Fig. 176;

4⁰ das Spermatozoid, welches die Keimkraft überträgt, Fig. 176, entſpricht dem Zellkern, Fig. 176 *n*;

5⁰ der Plasmakörper der Makroſpore entſpricht dem Plasmakörper des Embryoſackes, Fig. 179;

6⁰ das Prothallium entſpricht dem Endoſperm, Fig. 179 *III*;

7⁰ das Archegonium entſpricht dem Corpusculum;

8⁰ die Canalzelle, Fig. 177, entſpricht der Canalzelle, Fig. 179 *II h*;

9⁰ die Keimkugel, Fig. 177, entſpricht der Keimkugel, Fig. 179 *v* und Fig. 182;

10⁰ die zweizellige Keimanlage, Fig. 177, entſpricht derſelben in Fig. 179 *v*;

11⁰ der gegliederte Vorkeim, Fig. 180, entſpricht dem aus vier Zellenketten beſtehenden, Fig. 183;

12⁰ bei Selaginella wird nur ein Keimling angelegt; bei Pinus werden aus den vier Vorkeimen vier Keimlinge angelegt, in der Regel nur einer ausgebildet;

13⁰ in einem Prothallium von Selaginella können gelegentlich aus mehreren Archegonien ebenſoviel Keimlinge hervorgehen. Aus zwei Archegonien von Pinus gehen acht Keimanlagen hervor, von denen in der Regel nur eine vollſtändig entwickelt wird.

Im Gegenſatz zu der Anſchauung Hofmeister's faßt Strasburger den ganzen Inhalt des Corpusculum als das Ei (die Eizelle) auf. In dieſer Zelle befindet ſich ein primärer Zellkern, mit welchem nach der vorſtehenden Entwicklungsgeſchichte der Zellkern des befruchtenden Pollenſchlauches copulirt.

Das Protoplasma der Eizelle zerfällt in zahlreiche Tochterzellchen, Fig. 187. Bei der Entwicklung dieſer wurde beobachtet, daß nach der Befruchtung der primäre Kern zergeht. Das Protoplasma iſt am Scheitel nach der Canalzelle zu ſchaumig blaſig. Unterhalb dieſer Zone verdichten ſich (in der Figur ſind drei ſolcher Stellen zu bemerken) kleinere Plasmapar-

thien[1]). «Um jede dieſer dichteren Stellen iſt, gleichzeitig mit ihrem Sichtbarwerden, eine ihren Durchmeſſer um das Vielfache überſchreitende, concentriſche, hellere Zone zu bemerken. Dieſe Zone nimmt an Größe zu im Verhältniß der Größenzunahme des inneren Kernes. Dieſer, zunächſt ſolid, beginnt ſich nunmehr auszuhöhlen und ein Theil ſeines Inhaltes ſich als Kernhülle zu differenziren, während ein anderer ſich im Innern der Höhlung zu einem größeren, ſelten zu mehreren kleineren, ſtark lichtbrechenden Kernkörperchen zuſammenballt. Inzwiſchen iſt die helle Zone um die Kernanlage immer mehr gewachſen, und es läßt ſich meiſt in derſelben eine Sonderung verfolgen, ſo zwar, daß dieſe Zone um die Kernanlage dichter, in gewiſſer Entfernung aber weniger dicht wird, Fig. 188 *A*.

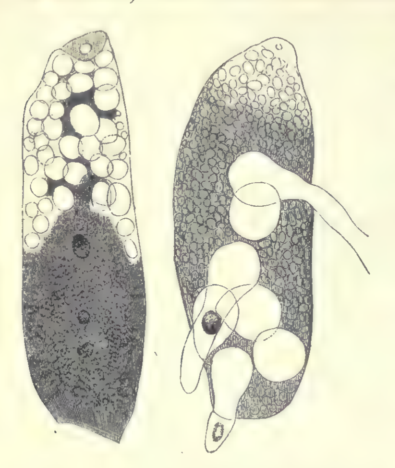


Fig. 187. Die erſte Figur iſt der Inhalt des Corpusculum von Ephedra altissima (Gnetaceen), er ſtellt das Ei dar, am Scheitel erkennt man die Canalzelle mit deutlichem Zellkern. Der protoplasmatiſche Inhalt iſt am Scheitel ſchaumig, mehrere Zellchen, welche durch freie Zellbildung entſtanden ſind, reihenweiſe geordnet. In der zweiten Figur haben dieſe Tochterzellen eine feſte Membran erhalten, ſie ſind zum Theil durch die Wandung des Corpusculum als Schläuche ausgewachſen.

Wie zuvor ſo muß man auch jetzt außerdem bemerken, daß die Körnchen in der Zone eine deutliche, zu der Kernanlage radiale Anordnung zeigen. Schon jüngſte Kernanlagen erſcheinen wie von Strahlen umgeben. Erſt auf einer gewiſſen Entwicklungsſtufe wird

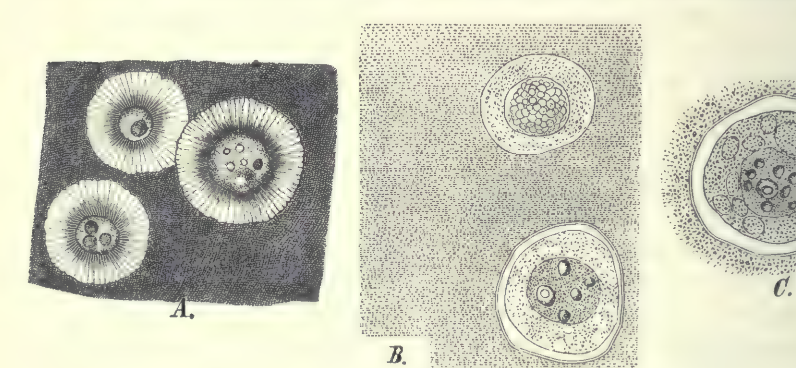


Fig. 188. Ephedra altissima nach Strasburger. Theilungsvorgänge im Ei (Corpusculum). *A* freie Zelle im Protoplasma. *B* ſpäterer Zuſtand, die untere Zelle bereits mit Zellhaut. *C* eine einzelne frei entſtandene Zelle.

die Abgrenzung der den Kern umgebenden Zellanlage nach außen deutlich ſichtbar. Die Zellanlage iſt von einer Hautſchicht gebildet, um welche herum

[1]) Strasburger, Ueber Zellbildung. Jena. Dabis. 1875.

alsbald dunklere Punkte ihre beginnende Trennung von dem umgebenden Plasma des Eis andeuten, Fig. 188 *A*. In der Trennungsfläche wird nun gleichzeitig die zarte, im Beginne plaſtiſche Celluloſewand, Fig. 188 *B*, abgeſchieden.» Von jetzt ab bewirkt der Einfluß waſſerentziehender Mittel, z. B. Alkohol, daß die junge Zelle ſich merklich zuſammenzieht, Fig. 188 *C*.

---

§ 27. Uebergangsreich von den Gefässkryptogamen nach den Phanerogamen[1]) (Coniferae, Gnetaceae und Cycadeae, Gymnospermae, R. Brown).

Mit der vorſtehenden vergleichenden Entwicklung iſt dargethan, daß zwiſchen den höheren ſogenannten Blüthenpflanzen, Phanerogamen, und den höheren Kryptogamen ein genetiſcher Anſchluß beſteht, wenn ſchon in der Wuchsform und der feineren anatomiſchen Gliederung eine geringe Aehnlichkeit vorhanden iſt.

Schwieriger iſt die Discuſſion über die Berechtigung, alle höheren Pflanzen vom Standpunkt der Entwicklungslehre in die zwei Hauptgruppen

«Gymnospermae, nacktſamige»,
«Angiospermae, bedecktſamige»

---

[1]) In dieſen Verwandtſchaftskreis ſind zuſammengeſtellt unſere ſämmtlichen Nadelhölzer mit den Gnetaceen und Cycadeen. Die neueren Syſtematiker bilden drei Ordines mit mehreren Unterordnungen, Tribus und Familien, nach STRASBURGER:

I. Ordo: Coniferae.

1. Subordo: Taxaceen.

1. Tribus: Taxeen. Taxus, TURNET; Torreya, ARNOTT; Cephalotaxus, SIEB. et ZUCC.; Gingko, KÆMPF.

2. Tribus: Podocarpeen. Podocarpus, HERIT.; Pherosphæra, ASCH.; Dacridium, SOL.; Phyllocladus, RICH.

2. Subordo: Araucariaceae.

1. Tribus: Araucarieae. Cunninghamia, R. BR.; Dammara, RUMPH.; Araucaria, JUSS.

2. Trib. Cupressineae. Juniperus, L.; Thuja, L.; Biota, DON.; Thuyopsis, SIEB. et ZUCC.; Callitris, VENT.; Libocedrus, ENDL.; Actinostrobus, MIQ.; Cupressus, TOURN.; Chamæcyparis, SPACH.

3. Tribus: Taxodieae. Cryptomeria, DON.; Glyptostrobus, ENDL.; Taxodium, RICH.

4. Tribus: Sequojeae. Sequoia, ENDL.; Arthrotaxis, DON.

5. Tribus: Sciadopiteae. Sciadopitys, SIEB. et ZUCC.

6. Tribus: Abietineae. Pinus, L.; Larix, LK.; Pseudolarix, GORD.; Cedrus, LK.; Picea, LK.; Abies, LK.; Tsuga, ENDL.

II. Ordo: Gnetaceae. Ephedra, TOURNET; Welwitschia, HOOK fil.; Gnetum, L.

III. Ordo: Cycadeae. Cycas; Zamia; Makrozamia; Ceratozamia; Stangeria.

einzutheilen. Es wird ſich im Verlauf der Abhandlung, namentlich bei der Betrachtung des Ueberganges von den Gymnoſpermen nach den Angioſpermen zeigen, daß die Eintheilung in dem genannten Sinne nicht haltbar iſt. Die allgemeinen Züge der morphotiſchen Erhebung der Gymnospermae gegenüber den Kryptogamen liegen begründet:

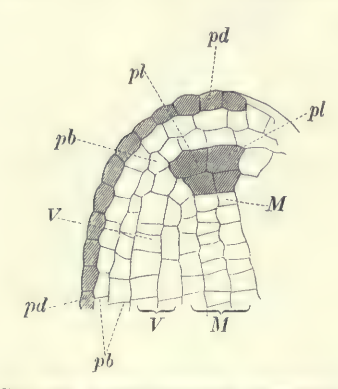


Fig. 189. Araucaria brasiliensis. Längsſchnitt des Vegetationskegels. *pd* Protoderma, *pb* Periblema, *pl* Plerom, *V* Verdickungsring, *M* Mark. Zur beſſeren Ueberſicht wurden die Zellen des Protoderma und des Plerom ſchraffirt. (Strasburger, Coniferen und Gnetaceen.)

1⁰ in der Befeſtigung des vegetativen Syſtems durch die Gefäßbündel und das Auftreten des Cambiumringes, welcher den Stamm dauernd verdickt;

2⁰ in der größeren Formentfaltung des ganzen Syſtems, der größte Theil der Formen iſt baumartig und reich gegliedert durch die Entwicklung der Axillarſproſſe;

3⁰ in der anatomiſchen Erhebung des Blattes und in der geſtaltlichen Anpaſſungsfähigkeit desſelben. Wir unterſcheiden die Regionen der Keim-, Nieder-, Laub-, Hoch- und Fruchtblätter;

4⁰ in dem deutlichen Knoſpenſchluß, welcher durch metamorphe Laubblätter, die Knoſpenſchuppen, vollzogen wird;

5⁰ in dem geſchichteten Vegetationspunkt, in welchem die Hautgewebe den Scheitel bedecken. Die Segmentirung iſt nicht mehr auf die geometriſch ſtreng umſchriebenen Scheitelzellen (vergl. Fig. 161, S. 292) zurückführbar.

A. Gliederung des Vegetationspunktes.

(Zu vergl. mit Fig. 111, 112, 120 und dem zugehörigen Text).

Der Vegetationspunkt der Stämme iſt ein vielzelliger Hügel, Fig. 189, an welchem ſich nach den neueren Unterſuchungen J. v. Hanstein's und Strasburger's die Urmutterzellen der Hautgewebe, das Protoderma, im Zuſammenhang mit den Hautgeweben der Seitenorgane über den Scheitel hinziehen, *pd*. Unter dieſem liegt das Periblema, welches die Anfangszellen der peripheren Gewebe darſtellt. Das Zuwachsgewebe für den Längenwuchs, Pleroma, liegt unter dem Scheitel eingeſchloſſen, *pl*. Das Pleroma vermehrt zunächſt das Grundgewebe des Markes; aus den ſpäteren Zellengenerationen gehen aber auch, wie die Figur veranſchaulicht, die Initialen des Verdickungsringes und der Seitenorgane hervor.

Aus dem Pleroma gliedern ſich die Axillarſproſſe und Blätter. An dem Axillarſproß tritt wieder ein gegliederter Vegetationspunkt *v* auf. Hinſichtlich der Gliederung zeigt ſich bei den Gymnoſpermen eine größere Complication als bei den Gefäßkryptogamen und Laubbäumen (Angioſpermen).

X. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (ohne Knospenschluss, Thuja).

Eine niedere Stufe der Anpaſſung und der Gliederung, combinirt mit dem complicirteren und reicheren Bau der Sexualorgane, findet ſich bei den wirteligen Thujen und Biota.

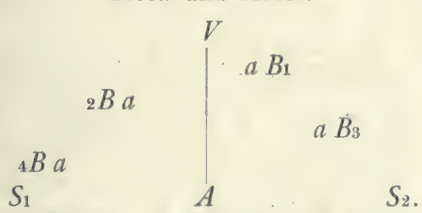
II Wirtelbl.
III Kielbl. *a I* Kielbl. *a' V a* Kielbl. *a III* Kielbl.
II Wirtelbl.

In dem Schema ſind drei Wirtel verzeichnet, welche decuſſirt ſtehen und zweigliedrig ſind. Ein Blattpaar, mit welchem von außen begonnen wurde, *III*, enthält gekielte Blätter, welche den Zweig reitend umfaſſen. Der dritte Wirtel *I* iſt ebenſo geſtaltet, der dazwiſchen liegende *II* aber hat flache Blätter. Die Ausbildung der Axillarſproſſe iſt auf die Kielblätter beſchränkt. Ein Knoſpenſchluß durch die metamorphen Laubblätter fehlt. Das Syſtem verzweigt ſich nur in einer zu *III III* ſenkrecht ſtehenden Ebene durch die Axillarſproſſe *a*. Es iſt bilateral-ſymmetriſch.

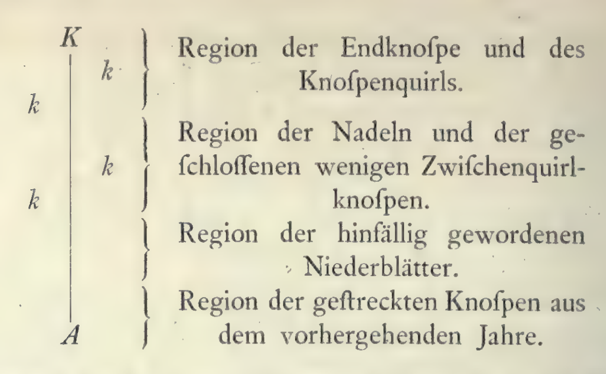
Sehen wir von den Gnetaceen und Cycadeen ab, ſo erhalten wir für die Araucarien, Taxaceen und Abietineen die nachfolgenden, ſtufenweiſe ſich ſteigernden Sproßſyſteme und Blattregionen. Die einfachere Anordnung kann bei den Gattungen Abies und Picea ſtudirt werden.

XI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen. (Anschluss an das Baumsystem der Picea und Abies).

Picea und Abies.



An dem Vegetationspunkt *V* entſtehen in cycliſcher Folge an der Axenrichtung *A V* von unten nach oben die Blätter, Nadeln, B_4, B_3 u. ſ. f. Zu jedem Blatte gehört eine Axillarſproßanlage. Das ganze Syſtem iſt von einem Convolut von Niederblättern, S_1, S_2, oder Knoſpenſchuppen eingehüllt. Denken wir uns nun nach dem Winterzuſtand die Knoſpe geöffnet, ſo fallen die Niederblätter S_1, S_2 u. ſ. f. hinweg. Die Interfolien ſtrecken, die Blätter entfalten ſich. Aber nur ein kleiner Theil der Axillarſproſſe wird wirklich zur definitiven Ausbildung weitergebildet. Möge der Sproß geſtreckt und die Endknoſpe und Seitenknoſpe wieder geſchloſſen ſein, etwa im Juli des nächſten, auf den Knoſpenzuſtand des obigen Schemas folgenden Sommers, ſo erhalten wir dieſe Regionen:



Die oberſten Seitenknoſpen ſchließen ſich im laufenden Sommer der Entwicklung, *K k k*, ſie ſtehen cycliſch, aber genähert. Sie öffnen und ſtrecken ſich im nächſten Jahre und ſtellen die für die Abietineen charakteriſtiſchen Aſtquirle her, zwiſchen welchen nur wenige Zwiſchenquirläſte ſchwächer und kümmerlicher entwickelt werden. Die Nadeln dauern mit Ausnahme der Lärche 1—10 Jahre lang (je nach den Standorts- und Ernährungsverhältniſſen).

XII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Larix).

Bei der Lärche als der zweiten und charakteriſtiſchen Sproßform fallen die Nadeln im Herbſt des erſten Jahres. Die Organfolge iſt in allen Theilen eine cycliſch akropetale, die Aſtquirlſtellung nicht ſo ſcharf ausgeprägt wie im neunten und dem nächſten Typus der Pinusarten. Der Winterzuſtand iſt für die Hauptknoſpe, von welcher wir das Baumſyſtem herleiten, derſelbe wie im Schema für Abies und Picea. Laſſen wir das Syſtem durch drei Jahre wachſen und unterſuchen die drei Etagen unter der natürlichen Vorausſetzung, daß ein Bruch der Zweige und eine Beſchädigung der Knoſpen nicht erfolgt ſei, ſo erhalten wir, wenn das Syſtem im Sommer nach dem Schluß der Knoſpen im Jahre 1880 vor uns liegt, das nachfolgende Schema. In dieſem bedeuten *K* die Hauptknoſpe, *k* die Seitenknoſpen, *B* die Blätter, die Richtung *A K* iſt die Axe des Stammes. Um dieſe Schemata zu verſtehen, wird der Intereſſent gut thun, Zweigſyſteme abzuſchneiden und an ihnen die Blätter und Knoſpen zu notiren. Die Lärche iſt noch in einer anderen Hinſicht, welche ſich an das nachfolgende Schema anknüpfen läßt, lehrreich. Die Axillarſproſſe, welche Kurztriebe mit zahlreichen Blättern bilden, entſtehen nicht in jedem Blattwinkel, ſondern nur an beſtimmten durch geſetzmäßige Paraſtichenintervalle getrennten Blättern. Dieß iſt für den Uebergang des Jahrestriebes von dem erſten nach dem zweiten Jahre zu beachten.

K

k k

I. Region der Endknofpe und der gefchloffenen Seitenknofpen. Die erftere öffnet fich im Sommer 1881 und verlängert die Axe *A K*. Die Seitenknofpen ftrecken fich zur felben Zeit.

II. Region. Jahrestrieb des Sommers **1880**, cyclifch beblättert. Zu je einem Blatt ein gefchloffener Axillarfproß.

1 *Bk*   *k* 2 *B*   3 *Bk*   *k* 4 *B*

III. Region der hinfällig gewordenen Niederblätter, Knofpenfchuppen.

IV. Region. Jahrestrieb der Hauptaxe *A K* aus dem Jahre **1879**. Die Blätter aus der Region II find abgefallen.

IV. Region der geftreckten Langtriebe, fo beblättert wie II, und der zahlreichen geöffneten, mit einer hinfälligen Niederblattregion beginnenden und mit büfchelig geordneten Blättern fchließenden Kurztriebe.

V. Region der hinfällig gewordenen Niederblätter.

VI. Region. Jahrestrieb aus dem Jahre **1878**, durchaus blattlos. Die Axen der Kurztriebe ftehen als kleine Zäpfchen hervor.

Die geftreckten Langtriebe in der Region IV beftehen ihrerfeits aus zwei Regionen (Etagen). Die untere entfpricht der Region IV an der Hauptaxe *A K*, die obere entfpricht der Region II ebendafelbft.

A

Der Axillarfproß hat fomit bei Lärche und Cedrus, welcher fich ebenfalls diefem Schema in den Hauptzügen unterordnet, zweierlei Functionen:

1° die Function, neue Auszweigungen zu bilden;

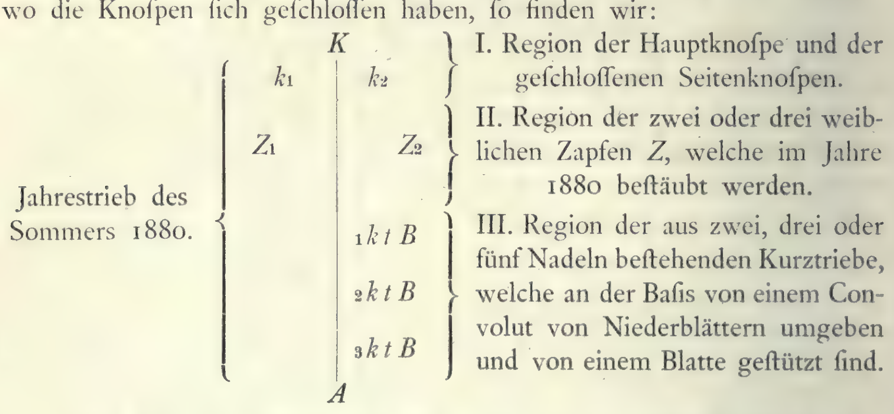
2° beblätterte einjährige Kurztriebe zu bilden und fomit die Beblätterung an einer und derfelben Zweigregion zweijährig zu machen.

Dieß entfpricht gegenüber den immergrünen Verwandten einer Compenfation in der Verwerthung der Organe. Bei Picea, Abies, Tsuga dauert die Nadel länger, aber nur ein kleiner Theil der Axillarfproffe wird überhaupt über die bloß mikrofkopifche Anlegung gefördert. Larix verliert die Blätter alljährlich, bildet

aber dafür faſt alle Axillarſproſſe aus. Cedrus vereinigt beide Functionen und Vortheile.

XIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Pinus).

Die Axillarſproſſe der Kiefern eilen gegenüber dem vorhergehenden Typus um ein volles Jahr voraus und vereinigen in einem Jahre beide Blattregionen. Die Evolution der Knoſpe iſt hier die complicirteſte, welche überhaupt im ganzen Pflanzenreich vorkommen mag. Die Anpaſſung an die climatiſche Periode iſt die vollkommenſte. Betrachten wir einen fructificirenden Jahrestrieb der Kiefer im laufenden Sommer und im Zeitpunkt, wo die Knoſpen ſich geſchloſſen haben, ſo finden wir:



Hier ſind alſo gewiſſe und zwar die unteren Axillarſproſſe $k\,t$ vorgeeilt, ferner haben ſich 2—3 ſolcher, nämlich Z_1, Z_2, in cycliſch beblätterte Zapfen umgebildet, und endlich ſind einige vegetative Knoſpen, k_1, k_2, in Niederblatt-Convolute eingehüllt und ruhen mit der Hauptknoſpe, um im nächſten Jahre den Zweigquirl zu bilden. Die mannigfache Vertheilung der Functionen wird aber noch anſchaulicher, wenn man zunächſt den Kurztrieb, die Entwicklung von K, der Hauptknoſpe, und diejenigen drei Etagen des Baumſyſtems vergleichend unterſucht, welche drei auf einander folgenden Jahrgängen entſprechen.

Denken wir uns den Stamm ſenkrecht zur Richtung $K\,A$ im Obigen ſo durchſchnitten, daß ein Kurztrieb mit dem zugehörigen Blatte B getroffen wird, ſo iſt das Diagramm durch dieſes Schema dargeſtellt, wenn A den Querſchnitt der Axe s_1 s_2 . . ., die Niederblätter b b die Nadeln bedeuten:

$$\begin{matrix} & s_3 & & \\ A & \begin{matrix} b \\ b \end{matrix} & s_2 & B \\ & s_1. & & \end{matrix}$$

Nach allen Seiten von A ſitzen zahlreiche Syſteme dieſer Art um die Axe in cycliſcher Folge vertheilt. Das Blatt B kann je nach den Arten als deutliche Nadel oder als Schuppe ausgebildet ſein. Denken wir uns

nun die Evolution der Knofpe, wenn fie fich foeben nach Entfaltung des letzten Jahrestriebes mit Niederblättern fchließt, vorfchreiten, fo erhalten wir, wenn V den Vegetationspunkt, v den Vegetationspunkt der Axillarfproffe, S die Niederblätter des Haupttriebes, s_1 s_2 die Niederblätter der Kurztriebe bedeuten:

	V	
		B_3
B_2		
		B_1
S_1		
		S_2
	A	

als jüngfte Configuration der aufeinander folgenden Organe.

Wenig fpäter, aber immer noch im laufenden Sommer, wird diefe Anordnung herrfchen:

	V	
		v_4
		B_4
v_3		
B_3		
		v_2
		B_2
v_1		
B_1		
		S_2
S_1		

Nun fchreitet die Anlegung der Laubblätter und Axillarfproffe fort durch den Herbft, Winter mit gelegentlicher Ruhe bis zum Frühling. Kurz vor Knofpenaufbruch ift fie in fo complicirter Weife zufammengefetzt wie diefes Schema veranfchaulicht:

	V		
S_2		S_3 S_1	Vegetationspunkt und erfte Niederblätter.
v / S_2 S_1		v / S_2 S_1	Region der ruhenden Knofpen.
Z_1		Z_2	Region der weiblichen Zapfen.
$B\,s\,b\,b$		$s\,b\,b\,B$ / $s\,b\,b\,B$	Region der vegetativen Kurztriebe.
S_2		S_1	Region der Niederblätter umhüllt alle höheren.

Alle Theile entfalten ſich, mit Ausnahme der beiden oberſten Regionen (vergl. das Schema S. 334 oben).

Man kann nun leicht ein dreijähriges Zweigſyſtem unterſuchen und an jeder Etage, welche einem Jahre entſpricht, die zugehörigen weiblichen Zapfen auffinden. Denken wir das Syſtem im Juni 1880 abgeſchnitten, ſo finden wir dieſe Anordnung, welche mit der Tabelle über die Samenreife der Kiefer zu vergleichen iſt:

XIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Pinus).

K *k* — I. Region der geſchloſſenen Endknoſpe und der Quirlknoſpen, welche ſich im Sommer 1881 öffnen.

Oberſte Etage der Zapfen.
II. Region der jüngſten Zapfen, welche im Frühling des laufenden Jahres 1880 beſtäubt werden, in der Spätſommer-Herbſtperiode 1879 angelegt wurden.

III. Region der zwei-, drei- oder fünfnadeligen, beſcheideten Kurztriebe, mit dem nadel- oder ſchuppenförmigen Hauptblatt.

IV. Region der Knoſpenſchuppen für den darüber ſtehenden Trieb.

V. Region. Die Seitentriebe verhalten ſich genau wie die Regionen II und III.

Mittlere Etage der Zapfen.
VI. Region der in der Sommer-Herbſtperiode 1878 angelegten Zapfen, im Frühling 1879 beſtäubt, in dieſem Frühling befruchtet, erreicht in dieſem Sommer den größten Zuwachs; ihre leitenden Gewebe ſtehen nach der groben Anatomie, Bd. I, S. 328, mit denjenigen der Region VII in nächſter Verbindung.

VII. Region der Kurztriebe im Jahre 1879 entwickelt, wie die Region III beſchaffen.

VIII. Region der Knoſpenſchuppen für den darüber ſtehenden Theil.

IX. Region. Die Quirltriebe beſtehen jetzt aus zwei Etagen, die untere verhält ſich wie I, III und V zuſammengenommen, die obere wie I und III ebenſo.

Untere Etage der Zapfen.
X. Region der Zapfen, welche jetzt im Sommer 1880 ſich öffnen und die reifen Samen entlaſſen. Sie ſind in der Sommer-Herbſtperiode 1877 angelegt, wurden im Frühling 1878 beſtäubt. Sie ſtehen mit ihren leitenden Geweben mit der nächſt tieferen Region der Kurztriebe in Verbindung.

Die Evolution, welche bei der Lärche und Cedrus auf zwei Jahre vertheilt war, ist somit bei der Kiefer für die vegetativen Organe auf ein Jahr zusammengezogen, dafür aber ist der Cyclus der generativen, sexuellen Evolution auf zwei Jahre und mehrere Monate ausgezogen. Die Kiefern bilden somit das beste Beispiel der Compensation. Denken wir uns im Jahre 1880, im Mai bis Juni, zur Zeit wo bei uns die reifen Zapfen sich öffnen und die geflügelten Samen entlassen, einen Zweig bis zur dritten Etage von oben abgeschnitten, so erhalten wir dieses Schema:

	Letzter Jahrgang. Obere Etage.	Zweiter Jahrgang. Mittlere Etage.	Erster Jahrgang. Untere Etage.
I. Zeit der Anlegung des Zapfens in der Knospe:	Herbst 1879 bis Winter.	Herbst 1878.	Herbst 1877.
II. Zeit der Bestäubung; der primäre Embryosack ist angelegt:	Frühling 1880, Mai bis Juni, je nach der geograph. Breite.	Frühling 1879.	Frühling 1878.
III. Zeit der sexuellen Befruchtung durch den Pollenschlauch:	Frühling 1881, Mai bis Ende Juni, je nach der geograph. Breite.	Frühling 1880.	Frühling 1879.
IV. Der Keimling ist in seinen wesentlichen Theilen ausgebildet, Samenreife:	Sommer 1881, August bis September, je nach der geograph. Breite.	Sommer 1880.	Sommer 1879.
V. Zeit des Aufspringens des Zapfens im natürlichen Verlauf, Ausfaat:	Frühling bis Sommer 1882.	Frühling bis Sommer 1881.	Frühling bis Sommer 1880.

Der Same fliegt mit Hilfe eines Flügels bei den Abietineen und einem Theil der Juniperineen und Araucarien aus. Die Keimung auf der Erde verläuft bei fast allen identisch. Die Keimwurzel durchbricht, von innen nach außen gerechnet, die Reste des Endosperms und des Eikerns und das Integument. Diese bleiben als Hülle eine Zeit lang über den Blättern geschlossen, bis sie endlich mit der vollen Entfaltung der Keimblätter hinfällig werden. Die Entwicklung ist bedeutend gehemmt, wenn, wie ausnahmsweise bei der Weißtanne, der Keimling in die umgekehrte Lage geräth, so daß die Blattknospe nach der Mikropyle gekehrt ist.

B. Zur Frage über die Gymnospermie.

Zu einer Verständigung über die Bedeutung des Eintheilungsprincipes, wonach zwischen Angiospermen und Gymnospermen unterschieden wird,

kann ein exacter Weg der Vergleichung über beide von den Syſtematikern aufgeſtellte Gruppen eingeſchlagen werden. Was die fertige Form des Sproſſes angeht, welcher das Ovulum, der Eiſproß, die Samenknoſpe genannt wurde, ſo kann über die Identität dieſes bei den Coniferen, Cyca-

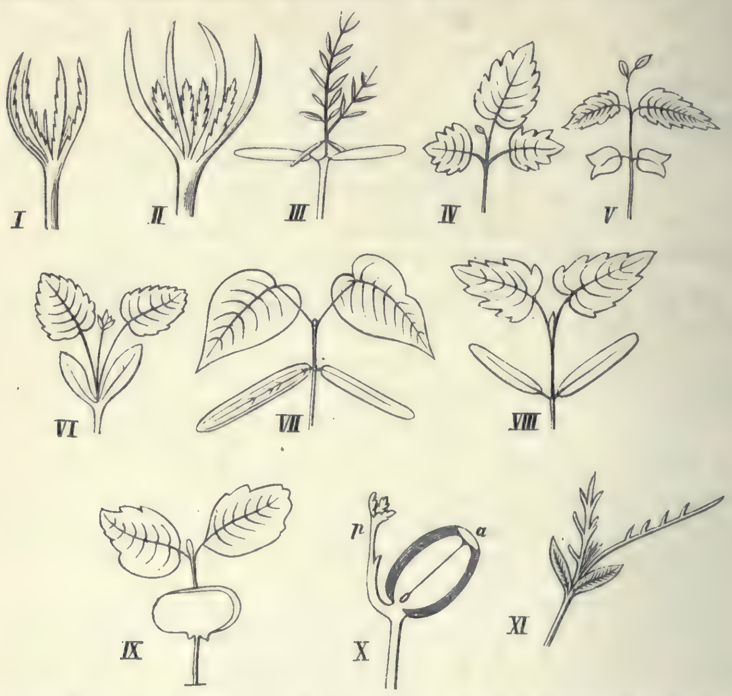


Fig. 190. Keimpflanzen einiger Coniferen und Dicotyledonen. An allen iſt die Wurzel und ein Theil des hypocotylen Gliedes weggelaſſen. *I* Fichte, Picea. *II* Kiefer, Pinus silvestris. Bei erſterer ſind die Cotyledonen gezahnt, bei letzterer ſind dieſelben ganzrandig, die erſten Laubblätter (Primordialblätter) dagegen gezahnt. *III* Coriandrum. *IV* Tilia europæa. *V* Celtis orientalis. *VI* Fraxinus excelsior. *VII* Acer platanoïdes. *VIII* Acer Pseudoplatanus. *IX* Fagus silvatica. *X* Quercus Robur. *XI* Petroselinum. Bei Quercus bleiben die Cotyledonen in der Frucht eingeſchloſſen, das hypocotyle Glied iſt auf ein Minimum verkürzt, *a* iſt die Stelle, wo die Frucht mit der Copula verwachſen war.

deen, Gnetaceen, Loranthaceen (Viscum), Santalaceen (Thesium), Primulaceen (Primula) und den unzweideutigen polycarpen Eiſproſſen mindeſtens als Träger und Entwickler der Sexualzellen keine Meinungsdifferenz herrſchen. Anders liegt die Sache, wenn man die Bedeutung der im Eiſproß differenzirten Organe, den Eikern und die Integumente in Vergleich zieht mit den vegetativen Organen und die Herkunft des Eiſproſſes von dieſen betrachtet. Abſichtlich wurden die oben genannten Familien und Gattungen in dieſer Hinſicht in die Discuſſion hereingezogen, weil in ihnen die größte überhaupt mögliche Divergenz herrſcht.

Da die Morphologie ſeit Gœthe und Treviranus nun einmal den Weg eingeſchlagen hat, alle Organe auf die drei Elementorgane, Stamm, Blatt und Anhangsgebilde, Haar, zurückzuführen, lag es nahe für den Ei-

ſproß zu fragen: welchem der drei Organe entſpricht der ganze Eiſproß? welchem Organ entſpricht der Eikern? welchem Organ entſpricht das Integument?

Wir ſehen die vielzellige Warze des Eikerns mit STRASBURGER als einen metamorphen Zweigſproß an. Ferner ſehen wir das Integument des Coniferenovulum als dasſelbe Gebilde an wie das Integument des Angioſpermeneiſproſſes. Es erſcheint alsdann in der That der Eiſproß als das letzte und oberſte Axengebilde mit zuſammengezogener Blattregion, und alle übrigen Gebilde erſcheinen als vorbereitende Hilfsorgane oder als Nebenorgane. Gehen wir nun die Formenreihen in ihren weſentlichen Zügen durch:

I. Formenſtufe. Taxus. Der Eikern iſt unzweideutig aus einem Axillarſproß in der Nähe des Vegetationspunktes des Haupttriebes hervorgegangen, iſt alſo ein Zweig. Derſelbe iſt gradläufig, wird kurz nach der Anlegung von dem Integument umhüllt. Später entſteht eine zweite, ſaftige, am Scheitel nicht zuſammenſchließende Hülle, das Fruchtblatt (der Arillus der älteren Autoren). Taxus iſt alſo eine angioſperme Pflanze.

II. Formenſtufe können wir bei Thuja ſuchen, hier ſtehen die Zapfenſchuppen:

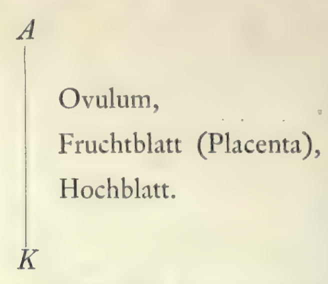
I
Deckblatt
ov ov
II Deckblatt *ov ov* — *A* — *ov ov* Deckblatt *II*
ov ov
Deckblatt
I

in Wirteln, in der Achſel jeder Schuppe eine Reihe von Ovulis. Dieſe ſind Axillarſproſſe, welche mit Ausnahme des ſpäter geflügelten Integumentes nicht in ein geſondertes Fruchtblatt eingehüllt ſind. Nach BAILLON entſpricht die Gruppe von Ovulis in der Achſel je einer Schuppe, einem Blüthenſtande, welcher ſich von dem Scheitel nach der Baſis hin verjüngt (centrifugaler oder cymöſer Blüthenſtand ſ. weiter unten).

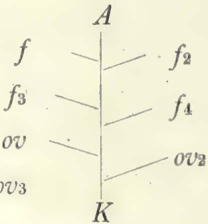
III. Die Abietineen ſtellen die dritte Stufe dar:

A
ov ov
⁀ . . . *e*
Carpellblatt
Hochblatt
m

und wenn wir dieſe im Längsſchnitt durch *m A* betrachten, wo *A K* die Zapfenſpindel darſtellt:



IV. Die Cycadeen ſtellen bei denjenigen Arten, welche ihre Eiſproſſe aus metamorphen Blattzipfeln ausbilden, die erſte Uebergangsſtufe dar. Wenn *A K* die Axe des gefiederten Blattes, *ov* die Eiſproſſe, f f_2 die vegetativen Blattfieder bedeuten:



ſo gehen die Blattfieder in Eifieder über.

Hier bei Cycas iſt eine andere Deutung kaum denkbar und es bleibt dasſelbe, ob man die Zapfen der übrigen Coniferen als Einzelblüthe oder als Blüthenſtand, als Complex von Einzelblüthen auffaßt: ein urſprünglich vegetativer Blattfieder iſt in einen Samenſproß umgewandelt, welcher aus einem Axentheil, dem Eikern, und einer Blatthülle, dem Integument, beſteht.

Indem wir uns nun zu denjenigen Formenkreiſen wenden, welche die Coniferen mit den Blüthenpflanzen verbinden, beachten wir, daß die am Vegetationspunkt entſtehenden Blattorgane mehr oder weniger mit der Zweigaxe verſchmelzen können. Während der Entfaltung der Blüthe aus dem mikroſkopiſch kleinen Raum modelt ſich das Gebilde, ſo daß vorher geſonderte Theile mit andern mehr oder weniger verwachſen erſcheinen.

V. Viscum. Der Vegetationspunkt der weiblichen Blüthe wird in die verbreiterte Axe eingeſenkt. Ueber ſeinem Scheitel wachſen mehrere Blattgebilde zuſammen. Die Embryoſäcke entſtehen in dem ſo eingeſchloſſenen Vegetationskegel. Dieſer iſt alſo der Eikern. Die Axenſpitze wird zum Eikern.

VI. Thesium. Der Kreis der in der Blüthe zu oberſt ſtehenden Blätter (Carpell- oder Fruchtblätter) verwächſt und wird von der hohl werdenden Axe eingewallt. Es entſteht ein unterſtändiges Ovarium. Aus dem Carpellblatt oder aus dem Axenende entſteht ein cylindriſcher

Gewebekörper, welcher in ſeinem Scheitel zwei bis drei Eiſproſſe bildet, dieſe werden nicht von Integumenten umhüllt. Der cylindriſche Körper iſt die Placenta.

VII. Bei Primula (allen Primulaceen und Staticeen) verwachſen mehrere, 3—5, Carpellblätter zu einem oberſtändigen Ovarium, aus deſſen Grund aus dem Blatte oder dem Scheitel des Zweiges eine geſtielte kuglige Placenta entſpringt, welche ein einziges oder zahlreiche Ovula mit Integumenten trägt.

VIII. Unter den zahlreichen Formen der polycarpen Früchte wählen wir nur diejenigen, wo der Eiſproß mit einem oder mehreren Integumenten aus dem Rande zweier Blätter an der blattbürtigen Placenta entſpringt.

Wir ſehen, daß ein allmäliger Uebergang herrſcht:

a) der Eikern iſt direct aus der Zweigſpitze hervorgegangen, Taxus, Viscum. Das Integument iſt ein näheres ſcheitelbürtiges Blatt, Taxus (es fehlt Viscum);

b) der Eikern iſt ein Axillarſproß oder doch ein nächſter Sproß an einem ſolchen, Thuja und die Abietineen;

c) der Eikern iſt ein Blattfieder, Cycadeen;

d) der Eikern iſt ein Placentenſproß, die Placente iſt ein Blatt- oder Axenſproß, Thesium, Primula;

e) der Eikern iſt ein Blattſproß, die Mehrzahl der ſog. Angioſpermen.

Was in rein entwicklungsgeſchichtlichem Sinne und in Hinſicht der Mechanik der Befruchtung und Samenbildung auffällt, iſt nicht ſowohl die Nacktſamigkeit oder Bedecktſamigkeit, als der Umſtand, daß von den Coniferen nach den höheren und höchſten Formkreiſen der Blüthenpflanzen die Eiſproſſe immer mehr und ſtetig deutlicher von den Axenſproſſen zu Blattſproſſen herabſinken. Dafür aber ſpielt der Blüthenzweig immer mehr, ſowie auch das Blatt (Carpellblatt) und noch andere Wucherungen der Axe (Cupula z. B.), die Rolle eines Schutzapparates. Der einzige weſentliche Unterſchied beruht darin, daß die Eihülle bei den Coniferen noch geſtattet, daß die Pollenzelle direct auf den Eikern gelangt, während ihm bei den höheren Blüthenpflanzen die Schutzapparate entgegenſtehen. Dieſe müſſen nun ſelbſt in empfangende Flächen oder Körper (Narbenkörper), welche für die Keimung des Pollens geeignet ſind, umgebildet werden. Wir halten die Eintheilung in Angioſpermen und Gymnoſpermen im genetiſchen Sinne nicht für haltbar.

C. Hauptzüge der Anatomie der Coniferen, Gnetaceen und Cycadeen.

Die anatomiſche Gliederung des Stammes zeigt die erhöhte Anpaſſung an die Aufgabe den Stamm zu befeſtigen. Alle Coniferen, Cycadeen und Gnetaceen ſind perennirend, die große Mehrzahl baumartig. Der Gefäß-

bündelverlauf ſchließt ſich an den Dicotylentypus, ſ. Bd. I. S. 311 ff., an. Gegenüber den Gefäßkryptogamen iſt der genaue Zuſammenhang zwiſchen den Gefäßbündeln der Blätter und des Stammes bemerkenswerth. Stammeigene Gefäßbündel kommen nicht vor. Da die Blattſtellung mit Ausnahme der Cupreſſineen und Juniperineen, wo die Wirtelſtellung herrſcht, eine cycliſche (ſpiralige) iſt, ſo iſt auch die Anordnung der Stränge dem entſprechend bei der großen Mehrzahl ſpiralig[1]). Nach dem, was in der groben Anatomie, Bd. I. § 32, vorgetragen wurde, und nach der Abhandlung über den Zuſammenhang des Gefäßbündelverlaufes mit der Blattſtellung (ſ. oben S. 245 ff.) können wir uns beſchränken auf drei Typen: Abietineen, Juniperineen und Ephedra.

Bei Juniperus verlaufen die primären Bündel in rhombiſchen, geſchloſſenen Maſchen, aus jeder Maſche tritt ein centraler Strang in das Blatt; da die Blätter zu zwei oder drei im Wirtel ſtehen, ſo liegen in dem Inter-

---

[1]) **Ueberblick in der anatomischen Gliederung von den niederen nach den höheren Pflanzen.**

Mit den erſten Anfängen der Schichtung des vegetativen Körpers beobachtet man auch eine Verſchiedenheit in den einzelnen Zellenſchichten. Es tritt dieſelbe zuerſt auf in dem Lager der Flechten und der höheren Pilzkörper, ferner in dem berindeten Charenſtamme und dem geſchichteten Fucaceenlager, dem beripptcn Moosblätter-, Marchantien-, Metzgerienlager, und erhält einen deutlicheren Ausdruck in den Holzſträngen der Gefäßkryptogamen, den Nerven der Blätter.

Zwei ſtark divergente Tendenzen müſſen in der Schichtung unterſchieden werden: 1° der Pilzſtamm; 2° der Algenſtamm.

Das geſchichtete Lager der Pilze und Flechten entſteht durch Sproſſung verflochtener Gliederfäden, welche nicht in einen Fachverband treten; die complicirteſte Pilzform bleibt nur eine Colonie von Pilzfäden, in welcher jeder Faden, ſeitliche Aeſte bildend, ein dendritiſches Flechtwerk darſtellt. Das Pilz- und Flechtengewebe beginnt mit Cylinderäſten und endet auch in der complicirteſten Form mit einem Syſtem verſchieden dicker, verſchieden eng verflochtener Hyphenäſte. Man unterſcheidet in der Regel nur zwei concentriſche Hüllſchichten, die Cortical- und Medullarhyphenſchicht, zu welchen noch bei den Flechten die nach dem Modus der Algen ſich theilenden Gonimonzellen hinzukommen.

Der Hauptunterſchied des Pilzlagers gegenüber dem Algenſtamm iſt die Verflechtung der Hyphenäſte, während im Algenſtamme eine Fächerung der vorhandenen Zellen durch Zellwände eintritt, die nach allen Richtungen des Raumes orientirt ſind:

Die Pilzform iſt geometriſch zwar ſtreng umſchrieben und hochgegliedert, das Formgeſetz aber wirkt nicht in dem Maße auf den Wachsthumsmodus der Einzelzelle zurück, wie in dem Algenſtamme.

Die höchſten Pilzlager beſitzen keinen Anſchluß an die Anatomie der höheren Pflanzen, während ſchon bei den Algen ein morphotiſcher Anſchluß leicht zu erweiſen iſt (die Sphacelarien, ſ. oben S. 131).

Die aus dem Algenſtamm entſpringenden Deſcendenten, die Charen, Mooſe, Gefäßkryptogamen, Coniferen und Phanerogamen, haben in ihrer vegetativen Entwicklung eine wenn auch kurze Phaſe, in welcher die Zellvermehrung und die Wachsthumsweiſe aller gleich iſt und mit den Pilzen übereinſtimmt.

folium zwei oder drei ſolcher Maſchen. Bei der Mehrzahl der Abietineen tritt ebenfalls nur eine Spur in das Blatt ein, der Anſchluß dieſer Spur muß abhängig ſein von der Beſchaffenheit der Contactlinien oder dem ſeitlichen Divergenzwinkel (ſ. oben S. 249 ff.). Bei Salisburia treten zwei Stränge in das Blatt, welche ſich nach dem Typus der Nervatur der Farrenkräuter verzweigen. In der Pinusnadel aber kommen drei Spuren vor. Eine mediane davon iſt die Hauptſpur, links und rechts zwei von andern Paraſtichenlinien herſtammende kleinere Seitenſpuren. Soweit dieſer Gegenſtand aufgeſchloſſen iſt, läßt ſich das Geſetz des Spurenverlaufes etwa ſo ausſprechen: je höher die Anzahl der Paraſtichenreihen (beziehentlich Contactlinien, ſ. oben S. 265) an einem gegebenen Stammſtücke iſt, um ſo größer iſt die Anzahl der Spuren, welche in einem gegebenen Querſchnitte angetroffen werden und um ſo entferntere Blätter werden durch die Spuren

---

Dieſe Phaſe kommt, unmittelbar nach dem Kreuzungspunkt der Formkeime im Ei, in dem Embryoträger zum Ausdruck.

Je höher man in der Formenreihe aufſteigt, um ſo mehr wird der Pilz- und Fadenalgentypus verwiſcht und durch Fachtheilung erſetzt.

Man kann bei der Fächerung einer cylindriſchen Zellenkette in der Hyphe der Pilze und Flechten ſchon einſehen, daß, wenn die Cylinderkette wachſen, länger werden ſoll, dieß nur durch Bildung von Zellwänden geſchehen kann, welche ſenkrecht zur Cylinderaxe die Zahl der Zellen vermehrt. Die Pilzhyphe aber iſt auf dieſen Modus beſchränkt. — Die Algendeſcendenten ſchalten in die gegebene Form nach allen Richtungen neue Wände ein; dieſe Fächerung bedingt zunächſt die Möglichkeit, daß die Form nach allen Richtungen oder mindeſtens in der Ebene wächſt, gleiche Textur, gleiche Gliederung zeigt. Der Typus eines ſolchen Gewebes iſt der Schaum der Flüſſigkeiten (der großblaſige Flaſchenbierſchaum). Die Form der Actinosphæra (Fig. 17, Bd. I d. Hdb.) vermittelt den Schaum mit dem Gewebe, welches in der älteren Literatur mit dem Namen Parenchym belegt iſt.

Wir können die morphotiſchen Vorgänge der Schichtung am beſten verfolgen, wenn wir uns drei Querſchnitte in verſchiedener Höhe durch eine hochgeſchichtete Pflanze gelegt denken.

Eine tiefere Zellſchicht iſt dann eine ſpätere Deſcendentenreihe der höheren. Alle aber ſind Deſcendenten einer gewiſſen Anzahl von ſtetig theilungsfähigen Zellen, welche meiſt in der Spitze einen Kegel bilden, den Vegetationspunkt.

Der Vegetationspunkt der höheren Pflanzen iſt ſelbſt ſchon geſchichtet, d. h. er beſteht aus vielen Zellen verſchiedener Bedeutung (ſ. oben S. 332).

Man kann bei der Behandlung der morphotiſchen Vorgänge der Gewebebildung zwei Hypotheſen vorſchlagen:

1º die vegetative Verjüngung (Neubildung der Gewebe) iſt durch conſtante Formgeſetze beherrſcht, welche von dem Charakter der Lebensweiſe der ſpäteren Deſcendenten unabhängig ſind;

2º die Lebensweiſe, der Charakter der tiefer gelegenen Deſcendenten übt einen Einfluß auf die Formgeſetze der Gliederung im Orte der Verjüngung aus.

verbunden. Die einzige Primärſpur bei einer Abietinee kann z. B. austreten in die Blätter:

0, 3, 6, 9 . . . ., aber auch in die Blätter:

0, 13, 26, 39, wenn die Knoſpenlanze einer höheren Blattſtellung zuſtrebt.

Als Schema für den einſpurigen Verlauf der Abietineen erhalten wir mit Zugrundelegung des ſchematiſchen Stammes, Fig. 298 (Bd. I d. Hdb.):

I.	0,	2,	4,	6,	8 . . . . .
II.	0,	3,	6,	9,	6 . . . . .
III.	0,	5,	10,	15,	20 . . . . .
IV.	0,	8,	16,	24,	32 . . . . .
V.	0,	13,	36,	39,	52 . . . . .
VI.	0,	21,	42,	63,	84 . . . . .

Dieſe Reihen können an einer und derſelben Pflanze vorkommen.

Die letztere iſt die wahrſcheinlichere, weil ſie die vegetative Verjüngung unter den Geſichtspunkt der Pangeneſe bringt. — Sowie im Keimpunkt, dem Ei, die Formkeime der Eltern angeſammelt werden, ſo wird auch im Vegetationspunkt der Charakter des ganzen Stammes durch Formkeime wieder angehäuft.

Aus dieſem Grunde iſt die Anſicht HANSTEIN's nicht zurückzuweiſen, welche ausſagt, daß der Vegetationspunkt ſelbſt in ſich ſchon eine morphotiſche Gliederung in Zellen verſchiedener Bedeutung zeigte.

Auf der einen Seite haben wir die Gefäßkryptogamen mit endſtändigem Keimpunkt, Scheitelzelle, auf der anderen den geſchichteten Vegetationspunkt HANSTEIN's. Es iſt kein Grund vorhanden, die Möglichkeit einer Uebergangsform zwiſchen beiden zu verneinen.

Unter dem Vegetationspunkt können drei Querſchnittsebenen gelegt werden, aus welchen die Entwicklung erſchloſſen wird.

Die erſte Ebene liegt etwas tiefer als der Vegetationspunkt; ſie beſteht aus homogenen Geweben, zwiſchen ihr und der zweiten ſind die Zellen nach allen Richtungen iſodiametriſch oder zeigen doch keine weitere Differenzirung in der Querrichtung, wennſchon eine Schichtung in der Wachsthumsrichtung erweislich iſt.

Dieſe Gewebemaſſe kann mit SACHS das Grundgewebe genannt werden.

Aus ihr differenziren ſich die Epidermis und die Fibrovaſalanlagen. Die zweite Ebene möge in der oberen Endigung der Fibrovaſalſtränge liegen. Zwiſchen dieſer und der dritten liegt die Hauptzuwachszone, welche ſtetig mit der Zeit weiter geſchoben wird, ſo aber, daß ſie in einer beſtimmten Entfernung von der Spitze verbleibt, da auch in dieſer ſtetig Neubildung erfolgt (ſ. Bd. I, S. 176 ff.).

In dieſem Cylinder macht ſich die Anlage der Fibrovaſalmaſſen dadurch kenntlich, daß an beſtimmten, in einen Kreis geordneten Punkten das Grundgewebe ſich in ein engmaſchigeres Gewebe zerklüftet, ſo bei den meiſten Stämmen; oder daß ſtrahlig von dem Mittelpunkt ausgehende Zellparthien größer werden als das Grundgewebe, ſo bei den meiſten Wurzeln. Die in einen Kreis geſtellten engeren Bündel oder die vom Centrum entſpringenden Strahlen ſind die Fibrovaſalanlagen, die erſten Röhrengebilde. — Es verſteht ſich von ſelbſt, daß ihre Entſtehung, wenn nicht eine Reſorption der Querwände vorausgeſetzt wird, nur in einem Cylinderſtückchen möglich iſt, welches noch der Streckung fähig iſt. Die Längenausdehnung der Zellen in der

In I. würde sich das Stammstück nur aus zwei schraubenlinigen Gefäßspuren zusammensetzen, von welchen Seitenspuren abgingen (man beachte die Figur 298 a. a. O.) nach den Blättern 0, 2, 4 u. s. f. in einer der Schrauben, nach 1, 3, 5 u. s. f. in der andern.

In II. für einen dickeren Ast oder Zweig derselben Pflanze, beziehentlich für eine ganz andere Art würden nach demselben Schema drei Primärspuren den Stamm umkreisen mit den in die Blätter abbiegenden Strängen:

0, 3, 6, 9 . . . . .
1, 4, 7, 10 . . . . .
2, 5, 8, 11 . . . . .

Ganz allgemein: das Zahlenintervall in den vorstehenden Reihen gibt die Anzahl der Primärstränge an, welche den Stamm bei den Nadelhölzern umkreisen und von welchen Seitenstränge in die Blätter ausbiegen. Frei-

---

Fibrovasalanlage gegenüber dem kurzgliedrigen Grundgewebe entsteht dann durch das Unterbleiben der dem Zuwachs folgenden Fächerung in dem Grundgewebe.

Mit dem wachsenden Stamme fließt die Fibrovasalspur gewissermaßen stetig nach, so daß ihr oberes Ende stets in bestimmter Entfernung von der Spitze bleibt, ein Vorgang, welcher durch die Fig. 183, 184, Bd. I, als Function der Zeit dargestellt ist (man vergl. auch Fig. 176 ebend.).

Von dem Momente des ersten Auftretens der Fibrovasalspuren an (in der Ebene ihrer oberen Endigung) zerfällt der Stamm mindestens in zwei Orte, welche mit dem Namen der Rinde und des Holzkörpers benannt sind.

Stehen die Spuren in einer Cylinderfläche im Querschnitt in einem Ring, so kommt noch der Theil, welcher innerhalb liegt, hinzu, das Mark.

Die Fibrovasalmassen sind bei allen Pflanzen, wenigstens bis zu einer bestimmten Zeit, isolirte Stränge, Spuren, oder radial gestellte Platten ohne seitlichen Verband (Dicotylenwurzel, Marattiaceenwurzel). Wir haben drei Vorgänge zu verfolgen:

1° Verlauf der Spurstränge in die verschiedenen Auszweigungen;

2° Weiterbildung der primären Spuren mit dem Dickenwachsthum;

3° Austritt der Spuren durch die Rinde, Veränderung in der Rinde.

Längsverlauf der Gefäßbündel.

Die Gefäßspur verläuft mit ihrem oberen Ende in den Zweig, in die Blatt-, Zweig-, in die umgewandelten Blatt- und Zweiggebilde: Zweig- und Blattranke, Zweig- und Blattdorn. Sie fehlt dem Haar und seinen metamorphen Gebilden.

Ein hervorragender Unterschied zwischen den Stämmen und Wurzeln liegt in dem Längsverlauf der Stränge: wir kennen Glieder-(Knoten-)stämme, Gliederwurzeln sind nicht bekannt.

Gegliederte Stämme.

Gliederstämme entstehen durch überwiegende Neigung, die Spuren zu verschränken, so bei dem Grasknotenstamm, dem Gliederstamm der Sileneen, Alsineen, Polygoneen, Hippurideen, Stellaten.

Es gibt aber andererseits keinen Gliederstamm, bei welchem die Glieder so vertheilt wären, daß sie nicht mit den Insertionen der Blätter zusammenfielen. Im Allgemeinen macht sich der Einfluß der Blätter auf die Gliederbildung geltend.

lich kommt es nun noch darauf an, wie weit die Vereinigung des ausbiegenden Stranges von der Ausmündungsſtelle in das Blatt mit dem Strang im Stamm zurückliegt. Dieß kann bei der großen Mehrzahl der Abietineen an vorſpringenden Polſtern von Hautgewebe, welche den Verlauf der Stränge kennzeichnen, leicht feſtgeſtellt werden.

Von Intereſſe iſt geſtaltlich nur noch die wirtelig gebaute Ephedra. Die Wirtelſtränge kreuzen ſich nicht zu einer Knotenplatte an der Einfügung des Wirtels, ſondern verlaufen ſtets in derſelben Tangentialebene. Bei Ephedra equisetiformis treten zwei Spuren, s_1 s_2, in das Blatt; ſtellen wir den Verlauf für mehrere Wirtel dar, indem wir die Blätter der aufeinander folgenden Wirtel mit *I, II, III* belegen, ſo erhalten wir:

Der Gefäßſtrang verläuft tangentialſchief in der Cylinderfläche des Stammes und weicht auch in der Richtung des Radius mehr oder weniger von der Cylinderaxe ab. Er verläuft radialſchief bei den Monocotylen.

Aus den Reſultaten der umfangreichen Unterſuchungen der neueren Zeit und insbeſondere NÄGELI's erachte ich die folgenden Ergebniſſe für die wichtigſten:

1⁰ ein jeder Strang im Stamme tritt einmal wenigſtens in einen Zweig, in ein Blatt aus;

2⁰ die Blatthauptrippe entſteht ſo, daß ſie eine Zeit lang wenigſtens mit der Spur im Stamme nicht in Berührung iſt. Sie beginnt in der Blattanlage und wächſt dem Stammtheil der Spur entgegen (ſo die Mehrzahl der Gefäßpflanzen).

Betrachten wir den fertigen Theil derjenigen Region der Stämme, wo die Continuität der Blattſpur mit der Stammſpur hergeſtellt iſt, ſo ergeben ſich als wichtigſte Typen des Verlaufes die folgenden:

1⁰ die Spuren verlaufen im Stamme ſo, daß kein zuſammenhängendes Netzwerk entſteht: Mooſe, Psilotum, Lycopodium, Selaginella, Iberis (Fig. 303, S. 314, Bd. I d. Hdb.). Das Merkwürdige eines ſolchen Fibrovaſalſyſtemes iſt, daß, wenn man von einem Blatte mit deſſen Hauptrippe in das Fibrovaſalſyſtem eintritt und ſtets mit der Spur weiter geht, man nur eine gewiſſe Anzahl von Blättern wieder erlangen kann. Das ganze Syſtem zerfällt in eine gewiſſe Anzahl von coordinirten Spuren, welche aber ſeitlich niemals in Verband treten, ſondern als Schrauben oder Spiralen den Stamm umkreiſen. Die Fibrovaſalſtreifen verlaufen in den Paraſtichen (ſ. oben S. 272);

2⁰ die Spuren verlaufen im Stamme ſo, daß ein ſtreng geometriſches, von der Stellung der Blätter abhängiges Syſtem von Maſchen gebildet wird. Iſt man einmal auf dem vorbeſchriebenen Wege in dasſelbe eingetreten, ſo erlaubt die Wanderung durch das Maſchenwerk eine continuirliche Bahn nach allen Richtungen um den Stamm, ſo daß man eine Zickzacklinie beſchreibt und die Inſertionspunkte aller Blätter zu berühren vermag: Farrenkräuter, einige Coniferen, die Mehrzahl der Dicotylen;

3⁰ die Spuren vereinigen ſich im Knoten und treten aus der Verſchmelzung in dieſem zum Theil in's Blatt, zum Theil in das höhere Interfolium: Gramineen, Tradescantia;

4⁰ die Spuren verlaufen tangential- und radialſchief und vereinigen ſich nur im Blatte, im Stamme gehen ſie ſtets iſolirt, ohne ein Maſchenwerk zu bilden (Palmen-, Dracæna-, Yuccatypus).

Von Intereſſe dürfte nur noch die Gliederung des Stammes nach den Internodien der Blätter ſein. Es iſt nicht möglich, zu entſcheiden, ob dieß eine Anpaſſung ſei. Sie

III *III*

s2 s1 *s2 s1*

II *II*

s1 s2 *s1 s2*

I *I*

s2 s1 *s2 s1.*

Gehen wir nämlich von dem Wirtel *I* aus, so gibt das linke Blatt die Spur 2 (etwas tiefer) an die rechte Seite des linken Blattes von Wirtel *II*. Die Spur 1 aber geht an die linke Seite des rechten Blattes des Wirtels *II* u. s. f. (das Schema ist mit der Figur 304, Bd. I des Handbuchs, S. 315 in Vergleich zu ziehen).

Bei der vergleichenden Anatomie und Morphologie der Coniferen und Gnetaceen mit den Gefäßkryptogamen sind diese Fortschritte in der Erhebung in Betracht zu ziehen:

I. das Auftreten des Cambiumringes;

II. das deutliche Auftreten der kork- und borkebildenden Cambien;

III. das Auftreten der deutlich differenzirten Secretionscanäle mit topologisch bestimmter Stellung;

IV. die Differenzirung der Stranggewebe in Elemente des trachealen Systems, der Leit- und Bastzellen und der Sclerenchymgewebe.

Mit Ausnahme der Cycadeen, wo drei und mehr Cambiumringe gleichzeitig functioniren, besitzen die Coniferen nur einen Cambiumring, welcher

---

fehlt allen Algen, mit Ausnahme der Charen und einiger Florideen, sie fehlt allen Moosen, allen Rhizocarpen, Lycopodieen, sie kommt allen Equiseten zu, sie fehlt den Coniferen, mit Ausnahme der Gnetaceen. Wo sie den Phanerogamen zukommt, ist sie ein allen Gattungs-, resp. Familienrepräsentanten zukommender Zug. Die einzige Eigenthümlichkeit der Verjüngung in dem Gliede, Knoten ist die fast allen Knöterichen zukommende Wurzelbildung aus dem Gliede, Gramineen.

Die Weiterbildung der primären Fibrovasalmassen geschieht in der mannigfachsten Weise. In den Wurzeln der Gefäßkryptogamen, vor Allem der Marattiaceen, entstehen alle Elemente des Fibrovasalsystemes gleichzeitig als ein 10—12strahliges System oder als ein polyedrisches Bündel. Die Verdickung aber schreitet von außen nach innen fort und endet im Centrum: es sind dieß die niedersten Formen ohne jede Weiterbildung.

Die Vermehrung der Fibrovasalelemente geschieht ebenso in der mannigfachsten Weise. In dem Folgenden wünsche ich die Haupttypen zusammenzustellen. Zum Verständniß hat man sich mit der Fortbildung mit jedem neuen Stadium die zuerst betrachtete Querschnittsebene rückwärts vom jüngeren nach dem älteren Stammtheil fortgeschoben zu denken:

I. die Anlegung der Fibrovasalstränge in einem oberen Querschnitte des Grundgewebes ist begrenzt:

1⁰ Gefäßkryptogamen;

2⁰ Phanerogamen;

3⁰ viele Monocotylenstämme und -Wurzeln;

a) die Weiterbildung geschieht zuerst centripetal, Dicotylenwurzel;

ſeine Thätigkeit mit der Streckung der vegetativen Knoſpe beginnt. Der weſentliche und ganz unvermittelte Unterſchied in dem Wachsthumsmodus zwiſchen beiden Verwandtſchaftskreiſen beſteht darin, daß alle Elemente bei den Gefäßkryptogamen im Stamm in der Strang- oder Gefäßbündelſcheide vereinigt ſind, während der Cambiumring der Coniferen zwei Gruppen von Strangelementen ſcheidet, die einen nur in der centrifugalen Richtung als Holzkörper, die andern nur in centripetaler Richtung als Rindenkörper weiterbildet (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 325 ff., 328 ff., S. 608). Nennen wir in dem Schema *X* den Xylem oder Holztheil, *L* den Rindentheil des primären Gefäßbündels, *P* den Phellogen oder Korktheil, nachdem die Epidermis functionslos geworden iſt, *M* das Mark:

$$M\ s\ s_1,\ X\ \underset{\rightarrow}{C}\ \underset{\leftarrow}{L}\ \underset{\leftarrow}{P}$$

---

b) die Weiterbildung geſchieht nur durch Verholzung ſimultan erzeugter Fibrovaſalmaſſen in centripetaler Folge, Farrenkrautwurzeln.

A. Die Fibrovaſalſtränge ſtehen iſolirt und bilden ſich durch eigene Cambialſtreifen früh aus, Monocotylen, Farrenkräuter:

a) die Gefäße und Holzkörper ſind von den Vasa propria getrennt, Monocotylenwurzel mit Ausnahme der Palmen;

b) die ſämmtlichen Fibrovaſalelemente in einem Bündel vereint, Farrenſtamm, Monocotylenſtamm.

B. Die Fibrovaſalſtränge bilden ſich in radialer Richtung durch den Cambiumring weiter ohne ſeitlichen Verband, Meniſpermeen, z. B. Cocculus.

C. Die Fibrovaſalmaſſen bilden ſich durch einen Cambiumring in centrifugaler Richtung weiter, aber ohne ſeitlich in Verband zu treten, Ranunculaceenrhizome, Cacteen.

D. Die Fibrovaſalmaſſen bilden ſich in centrifugaler Richtung durch einen Cambiumring weiter ohne Markſtrahlen, Craſſulaceen.

E. Sie bilden ſich, wie vorher, weiter mit Beibehaltung und Neubildung von Parenchymmaſchen, Markſtrahlen, Stamm und Wurzel der Coniferen und Phanerogamen.

F. Sie bilden ſich weiter mit mehreren Cambiumringen, Phytolacca, Beta, Cycadeen.

II. Die Bündel entſtehen nach und nach (unbegrenzt), ſo daß im Querſchnitt lange Zeit neue für ſich iſolirte Fibrovaſalmaſſen im Grundgewebe auftreten, Palmen:

a) das Fibrovaſalſyſtem wird durch das Grundgewebe vermehrt, Palmenſtamm und Wurzel, Dracænaſtamm und Wurzel;

b) es wird durch einen Cambiumring vermehrt, Yuccaſtamm, Dioscoreaſtamm.

Die Erhebung des Fibrovaſalſyſtemes nach einer ſtreng erblichen Formeigenthümlichkeit tritt früher ein, ſchon mit den Gefäßkryptogamen. Die Weiterbildung, die ſtrengſte geometriſche Gliederung, wird zuerſt in dem Dicotylenlaubbaume erreicht.

Hauptzüge adaptiver Art in dieſer Erhebung ſind:

1° das Herabſinken der Verjüngung in dem Fibrovaſalkörper ſelbſt;

2° das Herabſinken des Parenchymgrundgewebes, das Zunehmen des Holzkörpers in der Maſſe;

3° die ſteigende morphotiſche Bedeutung der Rinde;

4° die Erhaltung der verjüngenden Kraft in dem Gewebe der Rinde;

5° die Erhebung des Markkörpers zu einem maſſiven Cylinder.

ſo ſtellt die ſo bezeichnete Reihe einen radialen Querſchnittsſtreifen dar, welcher in *M* mit dem Mittelpunkt des Stammes zuſammenfällt. Die Entwicklung des primären Gefäßbündels aus einem Streifen des Procambium, deſſen Verlauf in der Längsrichtung durch den Spurenverlauf beſtimmt iſt, beginnt ganz allgemein mit der Bildung enger Spiraltracheen, ſpäter entwickeln ſich mit dem einen Pfeile bei *C* die mit behöften Tüpfeln verſehenen Holzzellen (baſtähnliche Holzzellen einiger Autoren), in dem Rindentheil, welcher mit dem entgegengeſetzten Pfeil wächſt, wechſelnd Baſtzellen, Baſtparenchym, Leitzellen, Siebröhren, endlich in dem Cambium des Korkes (in dem phellogenen Meriſtem) der Zuwachs dieſer Gewebeart.

Beſchränken wir uns zunächſt auf die Coniferen, ohne den geſtaltlichen Anſchluß in den Einzelelementen der Zellenarten an die höheren Blüthenpflanzen aufzuſuchen, ſo können wir mit Berückſichtigung der Entwicklung des Stammes und der Blätter einen Ueberblick über die feinere Gewebelehre gewinnen, nachdem die folgende Betrachtung vorausgeſandt iſt. Bei der Benennung der Gewebe ſind in der Literatur maßgebend geweſen:

1⁰ die topologiſchen Verhältniſſe, alſo die gegenſeitige Lage und Verbindung geſtaltlich verſchiedener Zellen und Zellengruppen;

2⁰ die feineren Züge der Geſtalt der Wandſtructur (Poren, Tüpfel, ring-, ſpiral-, ſchraubenlinige Verdickung und anderes mehr, z. B. Streifung und Inkruſtirung);

3⁰ die phyſiologiſche Bedeutung der Gewebe, als Leitgewebe z. B. oder als Befeſtiger des Syſtemes;

4⁰ die genetiſche Herkunft: Zeit der Entſtehung, Differenzirung, Ausbildung der Wand und dergleichen mehr.

Die Entwicklungsgeſchichte iſt ſtreng genommen der einzige Weg, um eine Verſtändigung zu erzielen. Bei den Nadelhölzern kommen entwicklungsgeſchichtlich, wie dieß am Mikroſkop leicht eine von der Knoſpe durch den einjährigen Zweig nach dem Stamm zu geführte vergleichende Anatomie lehrt, dieſe in genetiſchem Verband ſtehenden Gewebe in Betracht (mit Bezugnahme auf die ſchematiſche Zuſammenſtellung, S. 308, Bd. I d. Handbuchs):

Das Urmeriſtem differenzirt ſich in das Dermatogen, das Plerom und die Initialen der Zweig- beziehentlich Blattanlagen in der Nähe des Scheitels am Vegetationshügel (ſ. Fig. 189).

Aus dem Dermatogen entſpringt durch Theilung (ſ. oben S. 332 und Bd. I d. Handbuchs) die Epidermis und das Hypoderma, eine mehr oder weniger verdickte, aus einer oder mehreren Zelllagen beſtehende Hautſchicht, welche bei den Coniferen an der Nadel allgemein vorkommt in Combination mit peripheren Baſtzellen oder Sclerenchymzellen.

Alle Zellenelemente, welche nicht durch ihre Entſtehung aus einem Cambiumſtreifen (Procambium) als Elemente des Gefäßbündels kenntlich ſind, mit Ausnahme einiger unter dem Namen Sclerenchym zuſammengefaßter Elemente, laſſen ſich in ihrer Entwickelung auf das Grundgewebe zurückführen. Die Gewebe, welche in der Fig. 189 mit *M* Mark, *pb* Periblema bezeichnet ſind, ſtellen die Urmutterzellen dar des Parenchyms der Rinde und des Markes und der primären Markſtrahlen.

Das Parenchym der primären Rinde muß eine Zeit lang und bei den Bäumen, welche erſt im hohen Alter oder gar nicht Borke bilden, theilungsfähig ſein durch radiale und tangentiale Wände. An ſeiner Peripherie oder in ſeltenen Fällen in der Epidermis ſelbſt entſteht das phellogene oder korkbildende Cambium, bei welchem im Allgemeinen die Zellbildung in radial centripetaler Richtung fortſchreitet. Selbſtredend muß der Korkmantel eine Zeit lang mitwachſen und nachträglich theilungsfähig ſein. Je nach dem Gefüge, locker oder dicht, durch das Auftreten von Intercellularräumen und je nach dem Zelleninhalt werden unterſchieden:

Dünnwandiger und dickwandiger Kork, Blätterkork, Periderma und in dem leitungsfähigen Grundgewebe der Zweige und Blätter:

Schwammparenchym,

Palliſadenparenchym in den Dicotylenblättern (Fig. 430, Bd. I),

Chlorophyllparenchym,

Sclerotiſches Parenchym,

Collenchym (ſ. Fig. 88 *A B*, Bd. I d. Handb. S. 75),

Steinzellenparenchym in der peripheren Schale der Zweigrinden, in den Concretionen mancher Früchte, im Mark u. a. m.

Topologiſch beſtimmt ſind von ſolchen Geweben nur:

Epidermis, Hypoderma,

Collenchym.

Die Elemente des phellogenen Cambium in dieſem ſind topologiſch unbeſtimmt, zerſtreut regelmäßig oder unregelmäßig auftretend, die Steinzellen, Gruppen in Neſterform, von iſodiametriſchen Zellen, welche außerordentlich hart und bis zum Verſchwinden des Lumens verdickt mit zahlreichen engen Porengängen verſehen ſind.

Ebenſo wenig topologiſch beſtimmt ſind die Harzzellen oder die Zellen, welche als Behälter für ätheriſches Oel dienen, die Cyſtolithe und Kryſtallzellen, während die Kryſtallſchläuche in vielen Fällen auf Zellketten im Baſtparenchym und Holzparenchym zurückgeführt werden können, welche eine topologiſch genau beſtimmbare Lage haben.

Uebergangsformen von dem Grundgewebe nach dem Stranggewebe (Gefäßbündel) bilden die Strangſcheiden im Blatte der Coniferen, die Schutzſcheide der Gefäßkryptogamen, die Schutz- oder Kernſcheide

der Monocotylenwurzel. Uebergangsformen von genetiſch und topologiſch genau beſtimmten Gewebearten nach zerſtreut ſtehenden, mehr oder weniger geſetzlos auftretenden Elementen finden ſich in den Zellen, welche man unter dem Namen Sclerenchym zuſammengefaßt hat.

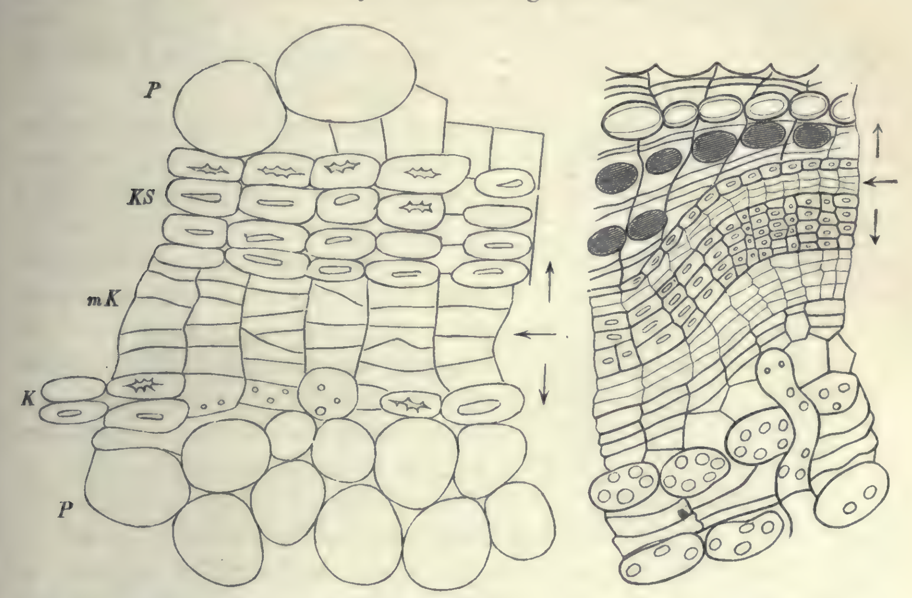


FIG. 191. Kleine Parthie aus dem Querſchnitt der Rinde von Pinus Laricio, da wo eine Korkplatte das Rindenparenchym durchſetzt. *P P* das Baſtparenchym. *K S* die äußere Schale von Steinzellen. *K* die innere Schale. *m K* der Kork zwiſchen beiden; dieſer reißt ſpäter in Richtung des Pfeiles, ſo daß die Borkenplatten ſich trennen.

FIG. 192. Kiefer. Rindenparthie von einer Korkplatte durchſetzt; parallel dem horizontal ſtehenden Pfeile reißt die dünnwandige Korkſchicht, ſo daß die Borkenplatten in Richtung der auseinanderweichenden Pfeile ſich abſpalten.

Topologiſch beſtimmte Zellen und Gewebe nach ihrer Entſtehung geordnet:

Xylem:	Spiegelbild:	Rinde:
Holzzelle,	Cambium.	Leitzelle,
Holzmarkſtrahl,		Baſtzelle,
Holzparenchym (führt Cryſtalle u. Amylum),		Rindenmarkſtrahl,
Mark (hier entſtehen Steinzellen und Sclerenchym).		Baſtparenchym (führt Cryſtalle u. Amylum),
		primäre Rinde (hier entſtehen nachträglich Steinzellen und Sclerenchymfaſern).

Das tracheale Syſtem iſt bei den Coniferen rudimentär ausgebildet, inſofern nur baſtähnliche Holzzellen, welche nicht direct wegſam ſind, im ſecundären Zuwachs angelegt werden (vergl. S. 306 ff. und Fig. 297 d. Handb. I.).

Schraubenlinig verdickte Holzzellen kommen bei Taxus und Spiraltracheïden nur im primären Theil des Gefäßbündels bei ſämmtlichen Coniferen vor.

Das Sclerenchymſyſtem iſt bei den Coniferen in drei Formen vertreten[1]).

Die niederſte Stufe der Rinden- und Sclerenchymbildung kommt den Abietineen zu. Hier wechſelt die Rindenperiode in radialer Richtung nur zwiſchen Baſtparenchym und Leitzellen (vergl. Bd. I, S. 338 ff.).

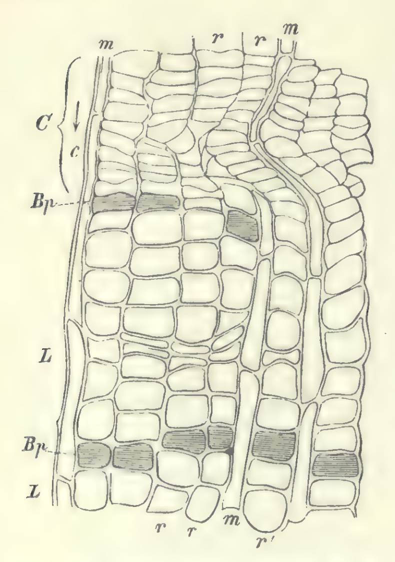


Fig. 193. Kleine Querſchnittsparthie aus der Stammrinde einer Fichte. *m* Markſtrahl, *Bp* Baſtparenchym, *L* Leitzelle.

In dem ganzen primären und ſecundären Theil der Rinde entſtehen ſehr ſpät, mindeſtens lange nach der Differenzirung der Gewebe im Cambiumring, oft erſt in alten Stammrinden neſterartige Concretionen von ſclerenchymatiſchem Parenchym (Steinzellen der älteren Autoren). Dieſe ſind ſtark verdickt, mit radial geſtellten Poren verſehen, mäandriſch verſchlungen bei der Kiefer oder in parenchymatiſchem Verband. Leicht kenntlich beim Zerſchneiden durch die Elfenbeintextur und Härte, tingiren ſich leicht mit Carmin und Anilin.

Die zweite Stufe der Anordnung kommt den Juniperineen und Wellingtonia zu. Hier wechſeln Baſt, Baſtparenchym und Leitzellen, je eine Baſtzelle, mehrere oder eine Leitzelle, mehrere oder eine Baſtparenchymzelle bilden im Querſchnitt in radialer Richtung eine hiſtologiſche Periode.

Bei zwei- bis dreijährigen Zweigen von Juniperus virginiana, Thuja, Biota, Thujopsis ſtimmt die Anzahl ſolcher Perioden faſt genau mit der Anzahl der Jahrringe überein. Im mittleren Alter der Bäume, wo die Production culminirt, werden indeß mehrere ſolcher hiſtologiſcher Perioden für einen Jahrring im Holz gebildet und gegen das Alter ſinkt die Bildung wieder auf eine Periode herab.

Ganz ſtreng geſetzmäßig vertheilt kommen die mechaniſch wirkſamen

---

[1]) Streng genommen ſollte man zwiſchen Baſtzellen, deren Auftreten genau geſetzmäßig iſt, und Sclerenchym unterſcheiden. De Bary ordnet die Baſtzellen mit den zufällig und regellos ſtehenden Sclerenchymfaſern zuſammen (ſ. Hofmeister's Handbuch d. phyſiolog. Botanik, III. Bd., S. 133 ff.).

Baſtzellen (vergl. Bd. I d. Handbuchs S. 314 ff., 320 ff.) in den Blättern der Coniferen vor. Dort ſind ſie an die Peripherie gerückt und ſtehen in eleganten Gruppen oder Reihen.

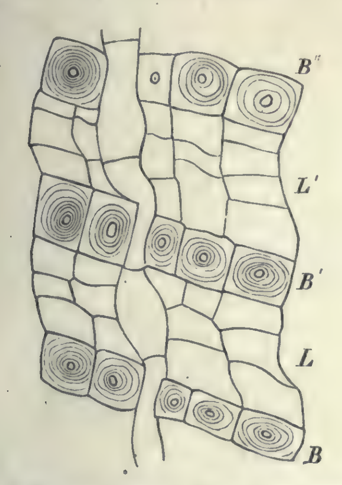


Fig. 194. Wellingtonia gigantea. Kleine Querſchnittsparthie der ſecundären Rinde. *L L'* Leitzellen, *B B'* Baſtzellen im Querſchnitt.

Das ſchönſte Object für vielfach verzweigte Sclerenchymfaſern iſt das Blatt von Sciadopitys verticillata. Der Blattquerſchnitt iſt elliptiſch (ſ. Anatomie des Blattes weiter unten) mit zwei geſonderten Gefäßbündeln von mäßiger Stärke, das ganze chlorophyllführende Meſophyll iſt aufgelockert durch große eingeſtreute ſternförmige Sclerenchymfaſern, welche mannigfach verzweigt ſind. Die Zweige ſind oft ſpiralig oder mäandriſch gewunden und bohren ſich in die Intercellularen des Meſophylles.

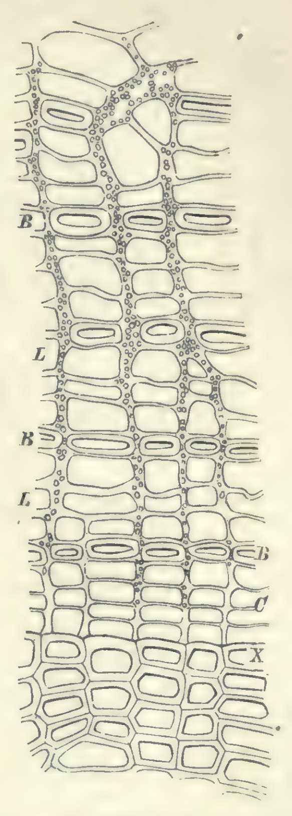


Fig. 195. Querſchnittsparthie durch Rinde, Cambium *C* und Holz *X* des Juniperus virginiana. *L* Leitzellen, *B* Baſtzellen. (Nach Solms-Laubach, Bot. Ztg. 1871.)

Durch den ſecundären Zuwachs und die radiale Stellung der Elemente in dieſem, durch das Auftreten der Baſt- und Sclerenchymelemente vermitteln die Coniferen in hiſtologiſcher Hinſicht den Uebergang nach den Dicotylenbäumen. In einem beſondern Zug kommt die Erhebung zum Ausdruck, es iſt die Bildung der regelmäßig geſtellten Secretionsbehälter (vergl. Bd. I S. 255). Das Secret iſt eine Löſung von Hartharz in ätheriſchem Oel, in wechſelnder Menge beider Stoffe. Es iſt urſprünglich über das Grundgewebe aller jüngeren Theile des Zweigſyſtems vertheilt. Bei den Cycadeen iſt das Secret eine ſchleimartige, in Waſſer lösliche oder doch quellbare Maſſe. Die Stellung der Secretionsbehälter iſt im Zweig

durchaus geſetzmäßig abhängig von der Stellung der primären Gefäßbündel. Dieſer Stellung nach unterſcheiden wir:

1⁰ primäre Harzgänge in den Zweigen und Blättern;

2⁰ ſecundäre Harzgänge im Holz der Kiefer, in einer beſtimmten Schale alle Jahre von Neuem gebildet — ebenſo in der Rinde.

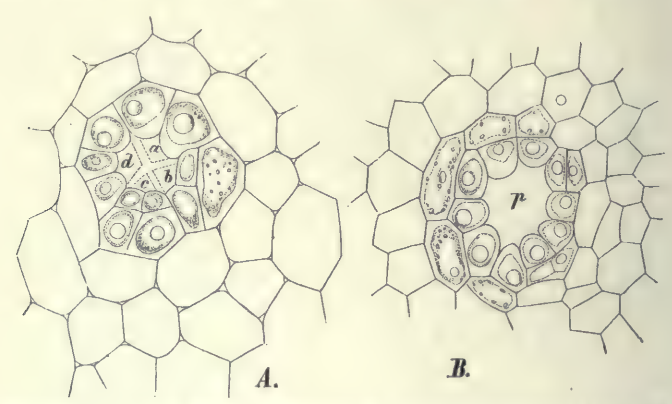


FIG. 196. Cycas revoluta. *A* Secretionscanal, urſprünglich aus vier Zellen entſtanden *a b c d*; jede derſelben mehrmals getheilt. *B* ebenſolcher Canal *p* mit der Zone der ſecernirenden Grenzzellen.

D. Morphologie und Anatomie des Coniferenblattes.

Die Blätter, Nadeln der Coniferen ſind mit Ausnahme der Cycadeen unverzweigt. Deutlicher Knoſpenſchluß durch die Niederblätter oder Knoſpenſchuppen kennzeichnet die Erhebung über die Gefäßkryptogamen und den Anſchluß an die Phanerogamen. Derſelbe Anſchluß in der anatomiſchen Beſchaffenheit wird durch die Cycadeenblätter vermittelt, wo zuerſt das Meſophyll als chlorophyllführendes Palliſadenparenchym entwickelt iſt und in der Hiſtologie des Blattes die Anpaſſung an die einſeitige Beſtrahlung und den geſtaltlichen Unterſchied der Ober- und Unterſeite verräth (vergl. Bd. I und S. 490 Fig. 430).

Sieht man zunächſt von den gefiederten Cycadeenblättern ab, ſo fallen in der Geſtaltung der Nadeln dieſe Formzüge auf:

1⁰ der Querſchnitt der Nadel, Fig. 197, iſt durch den gegenſeitigen Druck in der Knoſpenlage beeinflußt, z. B. bei den Kiefern mit zwei Nadeln *Ia* und *II* im Kurztrieb, Pinus silvestris, P. montana, P. Pinaster, P. Pinea u. a. m. iſt die Nadel an der einen Fläche eben nach außen gewölbt, halbkreisförmig im Querſchnitt.

Stehen drei Nadeln im Kurztrieb, z. B. Pinus Tæda, Fig. 197 *I*, ſo ſind die beiden innern Kanten des Querſchnittes mehr oder weniger genau unter 120⁰ zu einander geneigt. Die äußere Kante iſt $^1/_3$ des Kreisumfanges gleich.

Bei fünf Nadeln, P. Cembra, P. Strobus, Fig. 197 *I* und *IV*, ist der Nadelquerschnitt ein Dreieck;

2⁰ auch bei denjenigen Coniferen, welche einfach beblättert sind, ist die Form von dem Druck abhängig, welcher während der Entwicklung in der Knospe herrschte, z. B. bei allen Picea- und Abiesarten (man beachte Fig. 197 *III, V, VI* und die Figurenerklärung, man beachte die Fig. 151, 152, Blattstellung, oben S. 268). Der Querschnitt der Nadel ist ein Rhombus, ein Rechteck oder ein Polygon, je nachdem der Contact mit vier oder mehr Nachbarn herrschte. Die Piceanadeln sind in dieser Hinsicht am lehrreichsten. An einem und demselben Baum schwankt hier die Form des Querschnittes zwischen den genannten Formen. Die Contactlinie *b* in *V* Fig. 197 kann von der Contactlinie *a* so geschnitten sein, daß die Figur, welche von zwei entgegengesetzt verlaufenden Linien eingegrenzt ist, einen Rhombus darstellt, welcher sich dem Rechteck nähert, aber auch so, daß dieselbe Figur, so in *b*, sich einem spitzwinkligen Rhombus nähert.

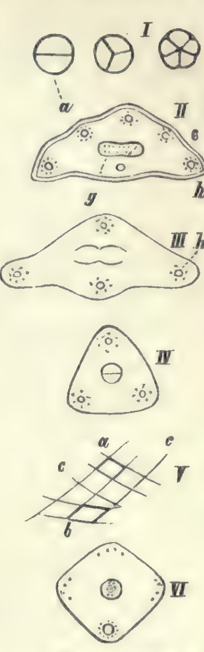


Fig. 197. *I* Querschnitte der Kurztriebe von Kiefern, Pinus, *a* zweinadlige, sodann drei- und fünfnadlige, schematisch. *II* Querschnitt der Kiefernadel, P. silvestris, *g* Gefäßbündelscheide, *h* Harzcanal. *III* Querschnitt der Tannennadel, Abies pectinata. *IV* Querschnitt der Nadel von Pinus Cembra. *V* Schema der Contactlinien. *VI* Querschnitt der Nadel von Picea excelsa, Fichte.

Die allgemeinen Züge der anatomischen Gliederung des Blattes liegen in der geringen Ausbildung der Nervatur (selten bis 3 Gefäßbündel). Die parallelen Nerven in dem Blatt sind vollständig von dem grünen Mesophyll eingeschlossen. Alle Gefäßstränge besitzen eine gemeinschaftliche Strangscheide aus dünnwandigem Parenchym, welches als ein Ring mit einer einzigen Zellenlage das Gefäßbündel abgrenzt. Wie bei allen Gefäßkryptogamen springt die Nervatur auch hier niemals über die Außenfläche als Leisten hervor. Die Spaltöffnungen der Epidermis liegen eingesenkt. Unter der Epidermis ist meistens eine einfache Schicht Hypoderma.

Durchaus charakteristisch wird das Coniferenblatt durch die regelmäßig dicht an das Hypoderma gestellten, isolirten oder in zierlichen Ketten und Gruppen geordneten Sclerenchym-(Bast-)fasern, sie stehen im Kranz um jeden Harzcanal, in Ketten an den Kanten der Fichtennadeln, seltener in wenigzelligen Gruppen an der Strangscheide. Ebenso regelmäßig ist die Vertheilung der Harzgänge im Querschnitt, Fig. 197 *h*. Bei der Kiefer liegen drei auf der gewölbten Rückenseite, zwei in den Kanten links und

rechts, einer in der Mediane. Drei Harzgänge liegen in der dreikantigen Nadel von P. Cembra, je einer in der Nähe der Kante. Selten ſind zwei unterdrückt. Bei der Fichte wird häufig nur ein in der Kante liegender Gang entwickelt, Fig. 197 *VI*.

E. Synopsis der Coniferen- und Gnetaceenblüthen.

Wir ſehen den weiblichen Zapfen der Abietineen, Juniperineen als einen Blüthenſtand an, welcher bei einigen Familien ſelbſt nochmals zuſammengeſetzt ſein kann, derart, daß die Blüthe erſt als eine Auszweigung der zweiten bis dritten Ordnung auftritt. Die allgemeinen morphotiſchen Züge der von Strasburger[1]) aufgeſtellten Ordnungen und Familien ſind mit Berückſichtigung der Blattſtellung und der Anatomie in dem Folgenden zuſammengeſtellt. Ueber die Bedeutung der männlichen Blüthen gilt dieß: Je ein Kätzchen, alſo ein Syſtem von mehreren oder zahlreichen Antheren, welche an einer Axe in cycliſcher Folge oder in Wirteln ſitzen, wird als eine Einzelblüthe aufgefaßt. Ein Syſtem von mehreren ſolchen Kätzchen wiederum an einer Tragaxe ſitzend ſtellt den Blüthenſtand dar. Dieſe Auffaſſung erſcheint gegenüber der Deutung der weiblichen Infloreſcenzen nicht gerechtfertigt, namentlich dann nicht, wenn die Kätzchen mit Sicherheit auf metamorphe, vegetative Lang- und Kurztriebe zurückgeführt werden können, wie dieß bei den Abietineen unzweifelhaft der Fall iſt. Die Anthere zeigt ungleiche Anzahl von Staubfächern, Taxus 5—9; Salisburia, Podocarpus, Dacridium, Phyllocladus 2; Cephalotaxus 3; Thuja und Cupressus zeigen 3—4; Callitris und Juniperus 4; Thujopsis 5; Taxodium 6; Seguoia 4; Sciadopitys 2; Cunninghamia 3; Araucaria und Dammara 8—14.

1⁰ Taxaceen. In dieſem Subtribus ſind einige Arten und Gattungen zuſammengeſtellt, welche ſich in ihrer vegetativen Gliederung an den früher geſchilderten Formencyclus der Abietineen anſchließen, Taxus, Torreya z. B., während andere Gattungen, Phyllocladus, Podocarpus und Gingko, ſich außerordentlich weit von dem typiſchen Bau entfernen[2]).

Die Taxaceen zerfallen in zwei Unterfamilien, die Taxeen und Podocarpen. Der gemeinſchaftliche Charakter liegt in der weiblichen Blüthe begründet: die Zapfenbildung fehlt, mit Ausnahme von Cephalotaxus. Die

---

[1]) Die Coniferen und die Gnetaceen, a. a. O.

[2]) Die Sproßfolge von Phyllocladus hat Anſchluß an die Cupreſſineen. Das Phyllodium aber beginnt mit ſeitlichen Auszweigungen, welche in Blüthen umgebildet ſind, und endigt mit einer gefiederten Blattfläche.

Gingko biloba zeigt Kurztriebe mit laubigen Blättern, deren Geſtalt und Nervatur an die Farrenkräuter Anſchluß hat.

Blüthentheile ſind, mit Ausnahme von Podocarpus, vollkommen frei. Die fleiſchige Cupula umgibt, mit Ausnahme von Gingko und Cephalotaxus, die Blüthentheile. Bei Phyllocladus iſt das Carpell (Integument) zweiſpaltig.

Taxeen. Cycliſch beblätterte Bäume. Der Fruchtknoten entſpringt aus einer Seitenknoſpe. Bei Taxus iſt derſelbe von einer fleiſchigen, nicht vollkommen ſchließenden Cupula umhüllt. Die Nuß iſt zwei- oder dreikantig. In der Blüthe entſtehen 2—3 Corpuscula. Die Samenreife iſt einjährig. Der Keimling liegt mit der Radicula nach dem Scheitel der Nuß orientirt in dem Reſt des Endoſperms eingebettet, beſitzt zwei Keimblätter, über welchen bald die erſten in verkürzter Spirale ſtehenden Laubblätter (Primordialblätter) ſich entwickeln.

Bei Torreya iſt die Blüthenbildung complicirter; wenn *A* die Axe des Blüthenſtandes in der Querſchnittsprojection, *B* das Deckblatt, *b b* die Vorblätter, *a* den Axillarſproß, *ov* die Blüthe bedeuten, ſo iſt das Diagramm des Blüthenſtandes:

A

b *ov* *a* *ov* *b*

B.

Bei Gingko biloba ſtrecken ſich die Axillarſproſſe, welche zu Blüthen umgebildet ſind. Die Frucht erſcheint geſtielt.

2⁰ Die Podocarpeen bilden die Zweige flächenartig aus (Cladodien, Phyllodien). Die Blüthen entſtehen an dieſen als die unteren Auszweigungen in den Achſeln von Tragblättern. Der Eikern iſt von zwei verwachſenen Carpellblättern und einer fleiſchigen Cupula eingehüllt. Cupula und Carpellblätter entbehren der Strangausläufer aus der vegetativen Region. Die Deckblätter werden bei Podocarpus fleiſchig. Die orthotrope Eikernſpitze iſt nach unten gewendet.

3⁰ Die Araucarien mit cycliſch beblätterten Stämmen beſitzen im Blüthenbau wenig Anſchluß an die verwandten Gruppen. Die Blüthen ſtehen in der Achſel zu zwei oder drei, die Mikropyle iſt nach unten gekehrt. Bei Araucaria excelsa wird der ganze Axillarſproß mit ſeinen Blüthen im Verlauf der Entwicklung mit dem baſalen Theil des Deckblattes emporgehoben. Die Blüthe wird dabei umgekehrt. Araucaria beſitzt geflügelte Deck- und Fruchtſchuppen. In dem Eikern ſind vier bis acht Corpuscula enthalten.

4⁰ Die Cupreſſineen (enthalten die Juniperineen der älteren Autoren) ſind in ihrem vegetativen Charakter durch die decuſſirte Wirtelſtellung ausgezeichnet. Bei Thuja, Biota, Thujopsis ſind die Blätter verſchieden-geſtaltig (ſ. oben S. 333), bei Juniperus, Cupressus und anderen dagegen gleich. Der bilaterale Schluß der Blätter, welcher den Thujaarten ſonſt

ſtreng zukommt, wird erſt nach der erſten Keimphaſe eingehalten. Sparrig abſtehende Zweige kommen bei einigen Varietäten mit den bilateralen auf dem gleichen Individuum vor. Die Zapfenbildung geſchieht durch decuſſirt in zwei- oder dreigliedrigen Wirteln ſtehende Deckſchuppen, welche trockenhäutig (Biota) oder angeſchwollen und verholzt (Cupressus) oder ſaftig, fleiſchig (Juniperus) werden. Mit der Deckſchuppe iſt die Fruchtſchuppe verwachſen. Der Zapfen, beziehentlich die Scheinbeere der Cupreſſineen, iſt eine zuſammengeſetzte Infloreſcenz[1]). Die Blüthe beſteht aus dem aufrechten Eikern mit 1—2 Integumenten. Bei Juniperus alterniren die Ovula ſcheinbar mit der Deckſchuppe.

Cupressus beſitzt eine cymöſe Infloreſcenz, die oberſte Blüthe ſteht in der Mediane der Schuppe, es folgen ſodann mehrere ſeitliche. Dieſer Blüthenſtand entſpricht einem Glomerulus:

A
ov
o *o*
o *o* *o* *o*
Fruchtſchuppe,
Deckſchuppe.

Der Eikern bildet 20 und mehr Corpuscula, welche in einem ſpindel- oder tonnenförmigen Raum dicht zuſammengeſtellt erſcheinen. Der Pollenſchlauch treibt eine kleine Papille in jedes Corpusculum. Die Samenreife erfordert ein Jahr. Die Keimpflanze von Thuja, Juniperus beſitzt nur zwei Cotyledonen.

5⁰ Die Taxodieen ſind cycliſch beblättert. Die Zapfen mit ſpiralig geordneten Schuppen. Der axillare Blüthenſtand ſchließt ſich an das Schema für Cupressus an, unterſcheidet ſich durch die Gegenwart von nur drei Blüthen, welche aufrecht ſtehen und mit ſchwach geflügeltem Fruchtknoten verſehen ſind. Zur Zeit, wo die Differenzirung der Blüthe vor ſich geht, iſt die Fruchtſchuppe in der Achſel der Deckſchuppe noch nicht gebildet. Der Axillarſproß zeigt bei den zweiblüthigen Kryptomerien den Vegetationspunkt mit zwei ſeitlichen Sproſſungen, den Eikernen der Blüthen. Erſt nachdem dieſe angelegt ſind, entwickelt ſich die Fruchtſchuppe an der Baſis der Deckſchuppe. Die Verwachſung der beiden Schuppen iſt hier noch vollſtändiger als bei den Cupreſſineen.

Kryptomeria, Don.; Glyptostrobus, Endl.; Taxodium, Rich.

6⁰ Die Sequoineae (Sequoia, Endl.; Arthrotaxis, Don.) ſind durch Sequoia mit Taxodium verbunden. Die Zapfenſchuppen ſind ſchildförmig

[1]) Wir definiren vorgreifend den Blüthenſtand, Infloreſcenz, als ein Syſtem von Zweigen, deren letzte Ordnungen in Blüthen umgebildet wurden.

in einen Stiel verſchmälert, auf der Schildfläche mit einem vorſpringenden Wulſt (Apophyſe) verſehen. Die Blüthen, in der Anzahl von fünf bis acht, ſtehen zu beiden Seiten der Mediane auf der Innenſeite am Stiel der Schuppe befeſtigt. Die Fruchtſchuppe entſteht auch hier zuletzt, im Beginne kleiner, überragt aber zuletzt die Deckſchuppe. Die Blüthen, im Anlagezuſtand aufrecht, werden im weiteren Verlauf der Entwicklung umgekehrt.

7⁰ Die Sciadopiteae (Sciadopitys, Sieb. et Zucc.) ſchließen, wenn von der Anatomie der Nadeln zunächſt abgeſehen wird, an die Abietineen an. Die Zapfenſchuppen ſtehen cycliſch. Die Fruchtſchuppe verhält ſich wie bei den Abietineen. Auch in den vegetativen Kurztrieben iſt ein Anſchluß an Pinus dargethan. Ein Unterſchied ergibt ſich in der Verwachſung von Deck- und Fruchtſchuppen und darin, daß bei Sciadopitys mehrere freie, geflügelte, nicht mit dem Fruchtblatt verwachſene Blüthen gebildet werden. Auf die auffälligen Sclerenchymfaſern im Blatte wurde oben (S. 355) aufmerkſam gemacht.

8⁰ Abietineae (Pinus, L.; Larix, Lk.; Cedrus, Lk.; Pseudolarix, Gord.; Picea, Lk.; Tsuga, Endl.; Abies, Lk.). Die gemeinſchaftlichen Züge dieſer artenreichen Familie liegen in dem Zapfenbau. Die vegetative Gliederung dagegen iſt nach den oben (S. 334) zuſammengeſtellten Formenkreiſen ſehr mannigfach. Der Abietineenzapfen entſteht als ein Axillarſproß an dem Triebe, welcher ſich im laufenden Jahre entwickelt. Er ſteht in der Regel in der Nähe der Endknoſpe dieſes Triebes, bei den Kiefern gelegentlich wohl auch in der Mitte desſelben. Um die Stellung und Entwicklung des Zapfens zu erklären, denken wir uns in *K* eine Knoſpe an einem ſolchen Zweig, welche im nächſten Frühling ſich entfaltet und ſtreckt, im Winter betrachtet. Dieſelbe iſt eingehüllt in ein Convolut von Niederblättern (den Knoſpenſchuppen), ſie bildet eine Reihe von Nadeln, deren Axillarſproſſe bei der Kiefer zu den Kurztrieben werden, endlich vegetative Knoſpen, welche nach der Entfaltung des Triebes ruhen, um ein Jahr ſpäter zu Langtrieben zu werden. In der Region dieſer Knoſpen ſtehen die Zapfen, dieſelben werden im Auguſt bis September des vorhergehenden Jahres angelegt. Die Zapfenaxe beginnt ihre Entwicklung mit einem Convolut von Niederblättern, ſodann entſtehen die Deckſchuppen. So überwintert der Zapfen in der Knoſpe und bildet im nächſten Frühling die Fruchtſchuppen. In der Achſel dieſer entſtehen die Blüthen an einem Achſelſproß, welcher zwei Fruchtblätter und zwei Eikerne anlegt. Durch ein geſteigertes Wachsthum der Außenſeite kommt der kegelförmige Kiel des Achſelſproſſes ſo zu liegen, daß ſeine Spitze nach unten deutet. Auch die Blüthen werden umgekehrt, ſo daß die Mikropyle nach unten zu liegen kommt. Die Beſtäubung erfolgt im Frühling, nach Beobachtungen Strasburger's wird in jeder Fruchtſchuppe ein Tröpfchen flüſſiges Secret ab-

geſchieden, in welchem die anfliegenden Pollenkörner haften, dasſelbe verdampft und läßt die Pollenkörner in der Mikropyle liegen (die Embryologie ſ. oben S. 319). Alle Abietineen bilden zwei Corpuscula, welche in der Mediane oder in einer Ebene liegen, welche ſenkrecht zur Medianebene ſteht (vergl. Fig. 179 oben).

9⁰ Die Gnetaceen vermitteln in ihrem Blüthenbau den Uebergang nach den eigentlichen Blüthenpflanzen. Die Blüthen ſind zwitterig (androgyn) oder eingeſchlechtig. Sie ſtehen bei Ephedra im Scheitel der vegetativen Pflanze zu zwei als Axillarſproßgebilde. Der Vegetationspunkt der tragenden Axe geht nach der Anlegung der Blüthen ein. Die aufſteigende Entwicklung läßt ſich in dieſer Reihe etwa darlegen:

I. Ephedra, zweihäuſige Form: mehrere männliche Blüthen, jede Blüthe aus einer mehrfächerigen Anthere beſtehend und von einem tutenförmig verwachſenen Hochblatt (Involucrum) umgeben, ſtehen im Scheitel des Zweiges von mehreren Hochblättern (Deckblättern) in zwei decuſſirten Wirteln geſtützt.

Die weibliche Infloreſcenz im Scheitel des Zweiges beſteht aus zwei Eiknoſpen, welche aus den oberſten Axillarſproſſen hervorgehen. Jede Knoſpe erhält zwei Integumente, welche aus Blattgebilden entſtehen, das innere wird von Strasburger als das Fruchtblatt (Fruchtknoten), das äußere als die Blüthenhülle angeſehen.

II. Welwitschia: in der verbreiterten Axe ſteht die aufrechte Eiknoſpe von zwei Hüllen umgeben in die Axe eingeſenkt, auf dem Rande der verbreiterten Axe ſtehen die männlichen Blüthen als mehrfächerige Antheren. Das ganze Syſtem iſt von mehreren Deckſchuppen, welche in Wirteln geordnet ſind, umgeben.

Zu den merkwürdigſten Formen im ganzen Pflanzenreich gehört die von Hooker genauer beſchriebene Welwitschia mirabilis (von Weſtafrika). Es iſt dieß ein Baum, welcher gewiſſermaßen in den Kinderſchuhen während mehrerer Jahrzehnte ſtecken bleibt. Der Stamm, nur wenige Centimeter hoch, erfährt einen dauernden Zuwachs. Die beiden Cotyledonen dauern während des ganzen Lebens, ſind bis 3—4 Fuß lang, flach auf der Erde aufliegend. Jede weitere vegetative Auszweigung, mit Ausnahme der Blüthenbildung, fehlt. Die Blüthenſtände ſind Axillarproducte der Keimblätter. Der Stamm erfährt einen periodiſchen Zuwachs in die Dicke und iſt an der Spitze verbreitert.

10⁰ Die Cycadeen bilden einen Verwandtſchaftskreis von Bäumen der tropiſchen Zone, welche wie die Gnetaceen, aber in geſtaltlich ausgeſprochenerer Weiſe, einerſeits nach den Blüthenpflanzen, andererſeits nach den Coniferen den Anſchluß vermitteln. Die Wuchsform iſt die der baumartigen Farrenkräuter, der Stamm iſt meiſt unverzweigt, zeigt ebenſo Aehn-

lichkeit mit denjenigen Palmen, welche eine fcheitelftändige Blätterkrone von Rofettenform bilden. Das Blatt ift gefiedert, derbwandig, die anatomifche Structur des Stammes ift durch mehrere Cambiumringe ausgezeichnet. In der Blattanatomie kommt der bilaterale Bau der dicotylen Baumblätter in der Bildung des nach der Oberfeite gelegenen Chlorophyllpallifadenparenchyms, in der Anlegung der eingefenkten, mit mächtigem Vorhof verfehenen Spaltöffnungen zum Ausdruck.

Vierte Abtheilung: Blüthenpflanzen. Metamorphofe und Anpaffung der drei Organe Stamm, Blatt, Haar bei den Blüthenpflanzen.

Die drei fichtbaren Organe Stamm, Blatt, Haar und alle aus diefen hervorgehenden Umwandlungsgebilde zeigen in ihrer Entftehung diefes Verhalten: der Stamm ift das primäre Gebilde. Das Blatt entfpringt am Scheitel des Stammes. Das Haar ift ein Oberflächengebilde am Stamm und Blatt. Es entfpringt aus den Hautgeweben. Die Gefäßbündel von Stamm und Blatt ftehen in gegenfeitiger Verbindung, den Hautgebilden dagegen, Haaren (Trichomen), fehlt das Gefäßbündel. Es möge hier die Aufgabe geftellt fein, die allgemeinen Umwandlungen und Anpaffungen der drei Organe zu betrachten.

§ 28. Anpassung und Metamorphose des Stammes.

Der Stamm zeigt von den niederen nach den höheren Pflanzen diefe Anpaffungen:

I. der Knofpenfchluß durch metamorphe, fcheitelbürtige Niederblätter fehlt den Charen, Moofen, allen Gefäßkryptogamen, den Cupreffineen (Juniperineen). Er tritt zuerft auf bei den Abietineen und bleibt nun mehr oder weniger ftreng gefetzmäßig bei allen perennirenden Pflanzen, mit Ausnahme vieler perennirender füdländifcher Bäume;

II. ein gefetzmäßiges Anftreben der vortheilhafteften Stellung der Zweige, Blätter. Die conftante Blattftellung herrfcht von den Moofen ab durch alle höheren Pflanzen;

III. die Verschiebung in der Entwicklung der Axillarsprosse um ein Jahr, bei allen höheren perennirenden Pflanzen von den Coniferen ab;

IV. die gesetzmäßige Ausbildung aller Axillarsprosse von den Monocotylen- ab kommt zur vollen Geltung bei den Dicotylenbäumen;

V. die Anpassung an das Wasser kommt bei den höheren Kryptogamen nur bei Salvinia, Pilularia (Charen und einigen Moosen) vor, sie erreicht bei den Phanerogamen erhöhten Ausdruck, z. B. Lemnaceen, fluthenden Potameen und zahlreichen andern;

VI. die Waffenbildung aus metamorphen Stämmen, Blättern fehlt bis zu den Phanerogamen (den Gefäßkryptogamen und Coniferen vollständig).

A. Von den niederen nach den höheren Pflanzen nimmt die Differenzirung am Vegetationspunkt zu.

Mit der Erhebung des Stammes über die Moose hinaus beobachten wir das allmälige Zurücktreten der Segmentirung am Scheitel. Die Knospe neigt mit dem Wachsen ihrer Aufgabe zur Vielgeselligkeit.

Da in dem Vegetationspunkt der höheren Pflanzen alle Formkeime angehäuft sein müssen, eben weil aus ihm wechselnd Blätter, Zweige und deren metamorphe Gebilde, ferner Haare, im Verlauf der weiteren Gliederung Wurzeln hervorgehen, so ist die Tendenz, die Verjüngung im Scheitel durch viele Zellen zu besorgen, begreiflich.

Die Scheitelzelle geht mit bis zu den Farrenkräutern inclusive, Fig. 128, 129, aber schon bei diesen geht durch das mächtige Dickenwachsthum ganz in der Nähe der flachen Knospe die streng geometrische Segmentirung verloren. Das Blatt tritt als Zellenwarze in einiger Entfernung von der Scheitelzelle und durch viele Zellen von ihr getrennt, zuerst auf (s. Fig. 128 bei den Farrenkräutern).

B. Neigung zur Vielzelligkeit des Vegetationspunktes.

Der Vegetationspunkt aller höheren Pflanzen ist ein vielzelliger Hügel, an welchem die Blätter und Axillarsprosse in akropetaler Folge auftreten.

Nur selten wohl machen die Dicotylenstämme hievon eine Ausnahme, so z. B. bei der wasserbewohnenden Utricularia, Fig. 198, wo der schlanke Vegetationspunkt spiralig eingerollt, bis in die Nähe der Spitze auf der Rückenfläche und weit über den Entstehungsort der jüngsten Blätter behaart ist. Hier ist der Scheitel von einer oder wenigen Scheitelzellen beherrscht, in deren Nähe, so in *I* und *II*, die Segmentirung und die erste Anlegung der Zellen des Hautgewebes deutlich erkannt werden.

Gegenüber dem einzelligen Vegetationspunkte der Laubmoose, z. B. Fig. 112, zeigt sich die Vielzelligkeit bereits bei den Pellien, Marchantien

u. a. m., Fig. 109, und bei den Florideen und manchen Fucaceen (Dictyoteen), ſ. oben S. 200.

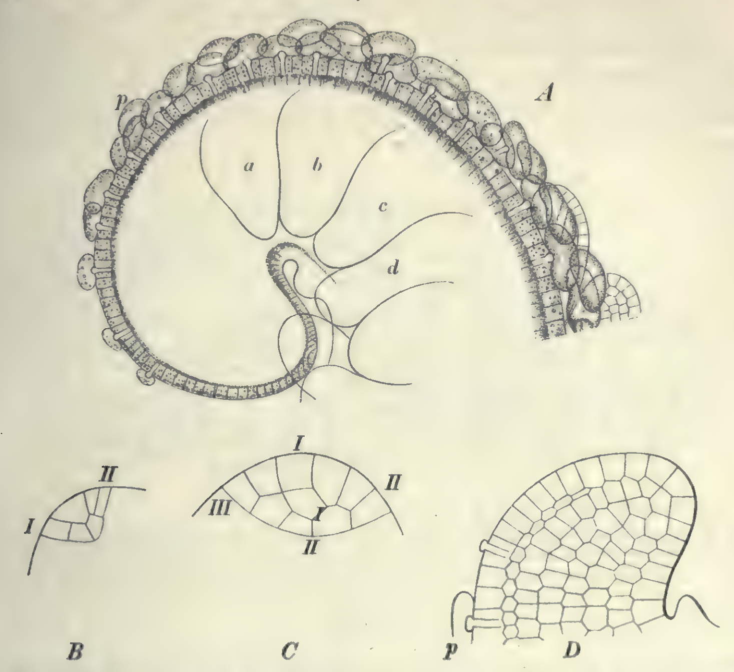


Fig. 198. Utricularia vulgaris. *A* die eingerollte Knoſpe des Stammes, welcher auf der Außenfläche zahlreiche knopfförmige Haare trägt, auf der Innenſeite ſtehen die Seitenſproſſe in akropetaler Folge, *a* der oberſte jüngſte, *b c d* die älteren. *B* und *C* Scheitelzellgruppen der Axe, *I II III* die Zellengruppen, welche den Segmenten entſprechen. *D* Seitenzweig mit der bis nahe an den Scheitel hervorragenden Platte des Hautgewebes und den Haaranlagen *p*. (Nach Pringsheim, Zur Morphologie der Utricularien aus dem Monatsbericht der Königl. Ak. d. Wiſſ. Februar 1869.)

Jedenfalls wird ſich von den ächten Scheitelzellen nach der Anordnung, wie wir ſie bei den Phanerogamen finden, ein ſtetiger Uebergang nachweiſen laſſen.

Bei den Phanerogamen zweigt ſich das Blatt erſt in Folge einer größeren Reihe von Theilungen von dem Scheitel ab, niemals oder nur in Monſtroſitäten ſo, daß der Vegetationspunkt ſich in zwei gleiche Hälften gabelt.

In dem Längsſchnitt findet man dann ſtets das theilungsfähige Gewebe (Urmeriſtem der früheren Autoren, Plerom nach Hanstein), etwas tiefer als der geometriſche Scheitel gelegen, *g f f*, und die numerirten Zellen der Fig. 199 bezeichnen die Lage dieſer Gewebeparthieen. Dieſer Durchſchnitt zeigt den Vegetationspunkt einer decuſſirt beblätterten Pflanze des Viscum album. Das Wachsthum und das Auftreten von zwei Blattanlagen kurz vor dem Zeitpunkt der Beobachtung ſind hier durchaus ſymmetriſch vertheilt, bezogen auf eine Ebene, welche durch die Zahlengruppe *1 1, 2 2* gelegt wird.

Da vor nicht langer Zeit die beiden ſchwach gewölbten Blatthügel noch zu dem Vegetationshügel gehörten und mit dem jetzt zwiſchen *i i* gelegenen Reſt ein Ganzes bildeten, ſo geht aus dem jetzigen Entwicklungszuſtand hervor, daß mit dem Auftreten je eines Blattes, beziehentlich eines Blattwirtels, der Raum, welchen der Vegetationspunkt einnimmt, verkleinert wird. Da die Mediane des nächſten Wirtels in der Fig. 199 ſenkrecht zur Me-

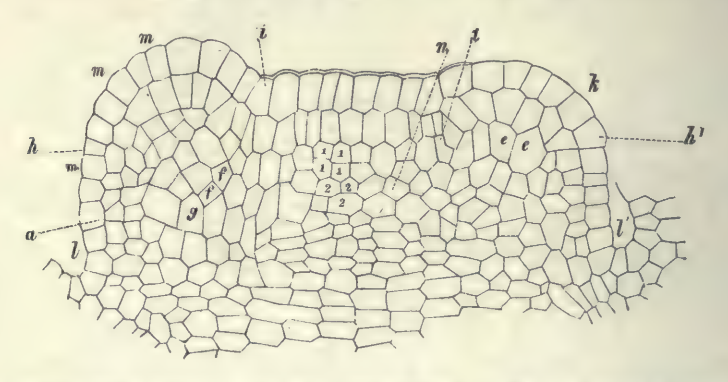


Fig. 199. Viscum album. Längsſchnitt durch den Vegetationspunkt. Ueber dem Niveau *h h'* befinden ſich die jüngſten Blattwarzen, welche einem Blattwirtel angehören, *m m* die Zellen, welche das Hautgewebe bilden, *f f g* und *e e* die vermehrungsfähigen Zellen im Innern der Blattanlagen, *1 1*, *2 2* Zellengruppen im Vegetationshügel, welche durch Theilung kürzlich entſtanden ſind.

diane des Blattwirtels, welcher ſoeben ſichtbar iſt, ſteht, ſo muß der übrige zwiſchen *i* links und *i* rechts belegene Theil des Vegetationspunktes in der Richtung dieſer Mediane wachſen, was in dieſer Region faſt nur durch geringe Größenzunahme und häufige Theilung der Zellen des Urmeriſtems, Pleroms, erzielt wird. Mit dem nächſtfolgenden Blattwirtel muß die bezeichnete, in der Fig. 199 zwiſchen den Blatthügeln gelegene Parthie des Vegetationshügels wieder zum vollen Raume *m i n k* heranwachſen, wenn das Syſtem ſich ſelbſt ähnlich, wie doch durch die natürlichen Verhältniſſe gefordert iſt, weiterwachſen ſoll.

Die äußerlich ſichtbare Differenzirung zwiſchen Blatt und Stammſpitze beruht ſonach darin, daß eine vielzellige Gewebegruppe durch nachträgliche Streckung ſich über die Stammſpitze um etwas erhebt, ſo in der Fig. 199, oder daß umgekehrt die Stammſpitze um etwas über das Einfügungsareal des jüngſten Blattes fortwächſt, Fig. 198. Schlanke Vegetationspunkte kommen allen raſch wachſenden Pflanzen zu, ſo namentlich den Gräſern, Hippurideen, Ceratophylleen, Utricularieen (Fig. 198). Hier machen ſich die erſten Blattwarzen erſt weit hinter der Spitze kenntlich.

Flache Vegetationshügel kommen allen Waldbäumen, den Palmen, den Farrenkräutern, den eingeſenkten Blüthen, den Compoſiteninfloreſcenzen zu. Im Allgemeinen: je raſcher das Längenwachsthum erfolgt, um ſo mehr

iſt der Vegetationshügel ein ſteiler Kegel; je langſamer das Längenwachsthum erfolgt, um ſo mehr flacht ſich, ſo namentlich im Winterzuſtand der Baumknoſpe, der Vegetationshügel ab.

Von oben geſehen iſt die Blattwarze von dem Vegetationshügel durch einen im Beginn flachen, ſpäter tieferen Sattel getrennt. Fig. 200 *n n'*.

Betrachten wir die Scheitelanſicht einer Baumknoſpe Fig. 201, z. B. Fraxinus, ein Baum mit zwei-, ſeltener dreigliedrigen Wirteln, ſo liegt in

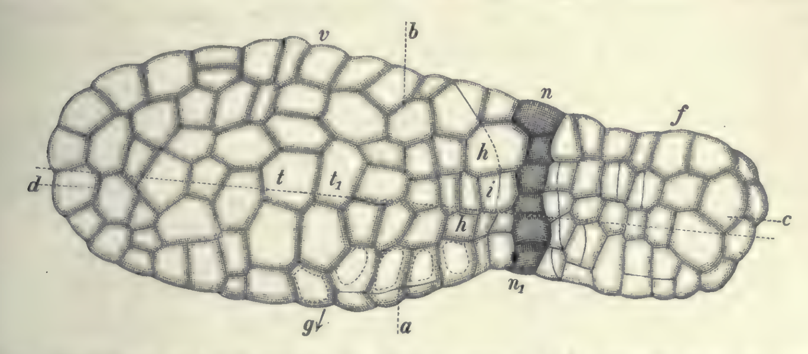


Fig. 200. Flächenanſicht des Vegetationshügels von Dianthus plumarius. *f* die Blattanlage, durch den Sattel *n n'* vom Scheitel *v* getrennt, *t t'* Scheitelzellen des Dermatogens (nach der Hanstein'ſchen Bezeichnung). In den Zellen der Blattwarze ſind diejenigen, welche ſich ſoeben theilten, kenntlich durch die neuen Scheidewände.

dem Areal *d d* der geometriſche Scheitel, von welchem ab der Hügel nach drei Seiten in die Böſchung abfällt, deren Baſis durch die jüngſten Blätter *f, f,, f,,,* beſetzt iſt; in den Intervallen dieſer Blätter müſſen ſpäter die Axillarknoſpen ſtehen, welche zu den Blättern des nächſtälteren Wirtels *F F'* gehören. Man erkennt zur Zeit, wo eben die jüngſten Blattanlagen gebildet werden, dieſe Anlagen noch nicht.

Die Axillarſproßbildung demonſtrirt am beſten das Beſtreben, in dem Tragſproß, relativen Hauptſproß, die größte Intenſität zu entfalten, den Seitenzweig der nächſten Ordnung möglichſt zu beſchränken (äußerſter Verluſt der Dichotomie).

Das Herabſinken der Stammſproſſe wird ſich leicht in einem ſpäteren Abſchnitt als eine adaptive Neigung an die climatiſche Periode nachweiſen laſſen.

Bemerkenswerth iſt:

1⁰ daß in den aufrechten Farren mit flachem Scheitel, wo eine Periode der Blatterhebung aus der Nieder- in die Laubblattregion nicht exiſtirt, eine Gabelung und Verzweigung des Stammes aus dem Scheitel faſt niemals vorkommt;

2⁰ daß in den von der climatiſchen Periode mehr unabhängigen Abietineen der Axillarſproß eine geringere Bedeutung hat. Er kommt dort nur vereinzelt an beſtimmten Orten oder zerſtreut zur Ausbildung.

Die große Mehrzahl der Blätter bildet denſelben nicht aus. Vollſtändiges Fehlſchlagen der Axillarſproſſe kommt freilich ſchon bei den höheren Kryptogamen, ſo namentlich bei den Farrenkräutern und endlich bei den Cycadeen vor.

Auf der Gegenwart eines Axillarſproßrudiments in der Achſel eines jeden Blattes beruht die Möglichkeit der Vielgeſtaltigkeit der Verzweigung der raſenbildenden Formen der arctiſchen und hochalpinen Zone, Saxifrageen, Alſineen u. a. m. zu den Sträuchern und der reichgliedrigen Baumkrone, ſowie die Möglichkeit der Verjüngung aus allen Regionen der Pflanze.

Die höchſte morphotiſche Erhebung der Auszweigung liegt in der Riſpenform des Baumes, wo das Axillarſproßſyſtem jedes Laubblattes mindeſtens eine Knoſpe ausbildet, während das Rudiment zum Axillarſproß ſelbſt in der Achſel jedes Nebenblattes bei den Salicineen, Cupuliferen u. a. m. ſchlummert.

Jede Zweigknoſpe der Bäume unſeres Klimas befindet ſich zur Zeit der Blattentfaltung in dem Zuſtande einer Hauptaxe, um welche die nächſten Seitenzweige ſich einhüllen und in der Entwicklung ein volles Jahr zurückbleiben.

Von einer gegebenen Knoſpe im erſten Jahre ausgehend ſpielen ſich folgende Proceſſe am Vegetationspunkt ab:

April 1873 October	April 1874 October	April 1875 October
Blattentfaltung bis Blattfall.	Blattentfaltung bis Blattfall.	Blattentfaltung bis Blattfall.

I. Hauptſproß ſchließt ſich, d. h. Blätter und Axillarſproſſe werden angelegt.

II. Hauptſproß entwickelt die Blätter, Axillarſproß ſchließt ſich.

III. Hauptſproß entfaltet und verliert die Blätter und ſchließt ſich wieder. Axillarſproß füllt ſich.

IV. Hauptſproß wie in der analogen Periode II, Axillarſproß wie der Hauptſproß in II.

V. Hauptſproß wie III, Axillarſproß wie der Hauptſproß in III.

Es iſt hieraus leicht einzuſehen, daß unſere Baumzweige einmal in dem Aehrenzuſtand ſind, um ein Jahr ſpäter in den Zuſtand der Riſpe,

eventuell der Doldenriſpe zu treten (vergl. Entw. d. Baumkrone Bd. I dieſes Handbuches S. 374 ff. und Fig. 375).

Da der Hauptſproß denſelben Proceß ſtetig (oder periodiſch) wiederholt, der Axillarſproß um ein Jahr ſpäter in die Phaſe des Hauptſproſſes tritt, ſo entſtehen Baumſyſteme von eigenthümlichem Charakter, deren ſtrengſter Typus die Ulme iſt; von dieſer nach der Linde, Buche, Hainbuche, Haſel wird die ſymmetriſche Aſtſtellung mehr und mehr verwiſcht. Der Hauptzug dieſer letzteren iſt, daß alle Zweige der erſten, zweiten bis zur dritten Ordnung der morphologiſchen Anlage nach in einer Ebene liegen.

Eiche, Erle, Pappel, Weide hingegen folgen demſelben Modus der Auszweigung, aber ihre Zweige divergiren nach mehreren Richtungen.

Entſproſſen auf gleicher Höhe zwei Zweige, ſo entſteht ein Auszweigungsſyſtem, welches unter den Bäumen durch Aesculineen, Sambuceen, Syringen und viele andere vertreten iſt; erliſcht der Hauptſproß, ſo erſcheint der Stamm gegabelt, Aesculus, Fig. 73. Hierbei aber iſt zu beachten, daß die beiden Gabeln nicht aus einer Dichotomie des Hauptſproſſes hervorgehen (vergl. oben S. 138).

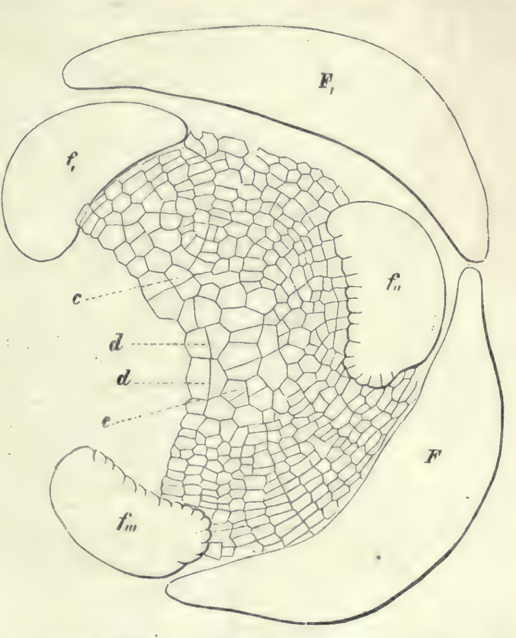


FIG. 201. Scheitelanſicht der Knoſpe von Fraxinus excelsior. $f_{,} f_{,,} f_{,,}$ die jüngſten Blätter des innern dreigliedrigen Wirtels, F $F_{,}$ die Blätter des nächſten Wirtels, d d die ſcheitelſtändige Zellengruppe des Dermatogens, in welcher vorzugsweiſe Theilung herrſcht. In der Böſchung und namentlich an der Baſis des Vegetationshügels zwiſchen $f_{,,}$ und $f_{,,,}$ ſind die Zellen radial geordnet, dort entſteht der Axillarſproß zu F.

So gehen häufig an alten Buchenſtämmen geſetzmäßig die Hauptſproſſe der letzten Zweige ein und der nächſtniedere Axillarſproß übernimmt, aber nur auf ein Jahr, die Rolle des Hauptſproſſes. Dieſe Einſchränkung kommt in der höchſten Entfaltung im Blüthenſtand in Betracht. (Die Linde bildet nur Sympodien, ebenſo der Wein, Vitis, die Ulme und alle ſolche mit terminalem Blüthenſtand.) Ueberall wo die Hauptknoſpe in eine Blüthe oder den Blüthenſtand übergeht, iſt das Längenwachsthum und alle vegetative Verjüngung abgeſchloſſen. An dem Sproß muß eine tiefer ſtehende Axillarknoſpe, welche nur Laubblätter bildet, die vegetative Verjüngung übernehmen.

C. Die Anpassung an die climatische Periode.

Der Knospenschluß unserer Waldbäume ist eine Anpassung, durch welche periodisch die Blattregion in ihrer gestaltlichen Entfaltung mit der Temperaturperiode der gemäßigten Climate sinkt und wächst.

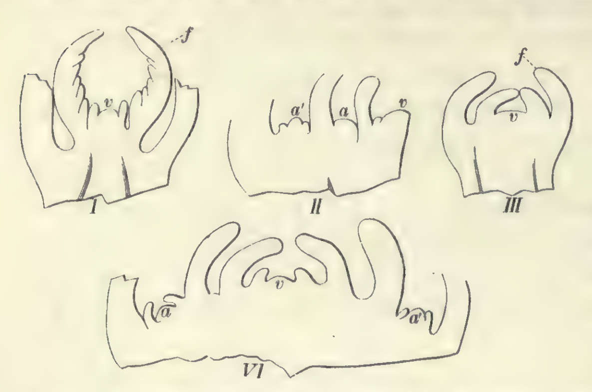


Fig. 202. Fraxinus excelsior. Längsschnitte durch die Knospe: *I* am 1. Februar, *II* am 18. April, *III* am 2. Mai, *VI* am 16. September. *V* Vegetationshügel, *a a'* Axillarknospen, *f* Blatt. Im ersten Stadium *I* ist die Knospe noch nicht vollständig gefüllt. In *II* dagegen sind alle Blätter angelegt und auch die Axillarsprosse *a a'* sind in der Bildung begriffen. Im Stadium *III* ist die Knospe soeben im Begriff sich zu schließen, nachdem der laufendjährige Trieb sich gestreckt hatte. In *IV* ist sie wieder abgeflacht, von zahlreichen Blattanlagen umgeben.

Die in der Größe, der Verzweigung der anatomischen Structur durch rudimentäre Gefäßbündel ausgezeichneten Niederblätter, die Knospenschuppen, entstehen wie die Laubblätter an demselben Vegetationspunkt, sie bilden das Minimum der Entfaltung, die reichgegliederten grünen Laubblätter entsprechen dem Maximum der inneren und äußeren Gliederung.

Von Interesse ist, daß den Gefäßkryptogamen jedes Rudiment der Niederblätter abgeht. Durch die Kleinheit der Niederblätter, durch die geringere Streckung der Interfolien in der Niederblattregion unserer Waldbäume entsteht ein fester Charakterzug, der hie und da durchbrochen wird, indem die Knospenschuppe zur Hälfte laubblattartig entwickelt wird.

1. Knospenschluss.

Die Knospe durchläuft im Jahre diese Formenreihe: sie ist in *VI*, Fig. 202, gegen Ende des Sommers bereits mit der Anlegung der ersten Laubblätter für das nächste Jahr beschäftigt. In *VI* sind die oberen Axillarsprosse noch nicht deutlich differenzirt. In *II* aber, kurz vor Knospenaufbruch (April), ist dieß geschehen; in *III* endlich ist sie erschöpft (nach der Blattentfaltung). Alle Gebilde der Zustände *I*—*III* und *VI* sind in der Streckung befindlich, der Vegetationspunkt hüllt sich von Neuem in die Niederblätter ein. Dabei macht sich immer die oben erwähnte Formänderung geltend. Je rascher der Zuwachs in der Länge erfolgt, um so mehr strebt die Knospe einem spitzen Kegel zu.

Die Periode dieses Schlusses ist sehr verschieden; derselbe vollzieht sich verhältnißmäßig langsam bei den Abietineen, den Pappeln u. a. m., den Juglandeen, Bignoniaceen der südlichen Zone; er vollzieht sich rascher bei

Buche, Eiche, Birke, allgemein bei den nördlichen Holzarten, wiewohl auch hier ein Unterſchied in der Zeit leicht zu beobachten iſt.

Rhus, Sarothamnus, Sambucus beſitzen einen unvollſtändigen Uebergang von der Laubblatt- nach der Niederblattregion. Viburnum Lantana entbehrt desſelben vollſtändig. Fig. 203 *IV*.

Im Allgemeinen herrſcht keine Regel über dieſe Umwandlung für ſüdliche Pflanzen. In einer Gattung kommen Bäume mit deutlicher Niederblattbildung vor und ſolche, wo dieſelbe ausbleibt. Als Beiſpiel Viburnum opulus mit deutlichen Niederblättern, Viburnum Lantana, bei welcher die Niederblätter ganz fehlen.

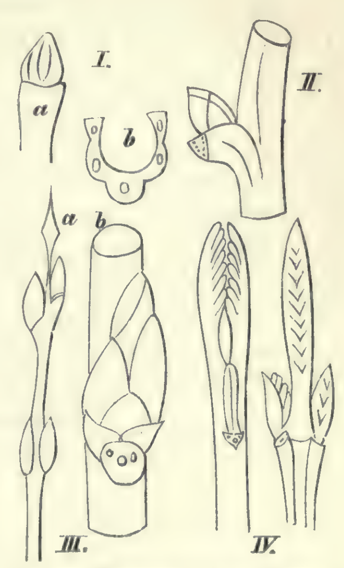


Fig. 203. Winterzuſtand einiger Zweige. *I a* Endknoſpe der Platane, *b* Blattnarbe des ſtengelumfaſſenden Nebenblattes. *II* Cydonia, der Blattſtiel iſt zur Zeit des Blattfalles etwas über der Blattbaſis gebrochen. *III* Rhamnus cathartica, *a* die Endknoſpe in einen Dorn umgebildet, *b* Seitenknoſpe mit der Blattnarbe. *IV* die nicht geſchloſſene Winterknoſpe von Viburnum Lantana.

2. Der Knospeninhalt.

Aus der vorſtehenden Discuſſion geht hervor, daß zwiſchen den zwei Niederblattregionen, welche für das gegebene und das nächſtfolgende Jahr als Knoſpenſchuppen die Stammſpitze ſchützen, die Laubblattregion mit ſolchen Axillarſproſſen eingeſchaltet liegt, welche ein Jahr lang ruhen, um dann im nächſten Jahr in gleichem Sinne wie die Hauptknoſpe ſich zu entfalten. Nennen wir K die Hauptknoſpe, k die Nebenknoſpe, welche in der Achſel eines Laubblattes ſteht, L die Laubblätter und ſchreiben $L(k)$ für eine beliebige Anzahl Laubblätter, von welchen jedes einen für die laufende Sommerperiode ruhenden Axillarſproß trägt, ſo können wir den Inhalt der Hauptknoſpe im einfachſten Fall durch eine Summenformel ausdrücken:

XV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

1⁰ $$K = N + L(k) + N^1 \rightarrow.$$

Hier bedeuten N die Niederblattregion vor, N^1 dieſelbe nach der Anlegung der Laubblätter. Der im Sinne der Formel fortlaufende Pfeil bedeutet, daß die Knoſpe fortfährt, Laubtriebe zu bilden. Der XV. Entwickelungscyclus, welcher durch dieſe Formel ausgedrückt iſt, kommt der weitaus größten Mehrzahl der Laubbäume zu. Monopodiale Verzweigung.

In manchen Bäumen erſchöpft ſich die Hauptknoſpe kurz nach der Laubentfaltung ganz geſetzmäßig, ſo daß der Endtrieb mit mehreren ſoeben

in der Entfaltung begriffenen Blättern mit einer glatten Narbenfläche abfällt. Es kommt dann nicht zum Schluß der Hauptknofpe, die obere Seitenknofpe übernimmt für das nächfte Jahr die Function der Hauptknofpe. Dieß ift die einfachfte Form der fympodialen Verjüngung.

XVI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

2⁰ $K = N + L(k) \leftarrow$

$k = N + L(k) \leftarrow$ u. f. f.

Der Pfeil ift einwärts gerichtet. So verhalten fich Tilia, Ulmus, Celtis, Morus (vergl. Bd. I d. Handbuchs, S. 383, Fig. 380).

Der nächfte Schritt der Entwicklung macht fich darin kenntlich, daß ein Theil oder alle Axillarfproffe voreilen und gleichzeitig mit dem Tragfproß ihre Blätter entfalten.

Schreiben wir L, L^1, L^2 die aufeinander folgenden Laubblätter, $v\,k$ den voreilenden Axillarfproß, fo erhalten wir mit Berückfichtigung der Formeln 1⁰ und 2⁰:

XVII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

3⁰ $K = N + L(k) + L(vk) + N^1 \rightarrow$,

4⁰ $K = N + L(vk) + L(k) + N^1 \rightarrow$,

5⁰ $K = N + L(k) + L(vk) + L(k) + N^1 \rightarrow$,

d. h. es kommt vor, daß einige Axillarfproffe voreilen in der oberen Region (3⁰), oder es entwickeln fich die voreilenden in der unteren, oder endlich fie entwickeln fich in der mittleren Region des tragenden Zweiges.

Der Axillarfproß zeigt drei Umbildungen: er wird zum anfangs beblätterten oder nackten Dorn, er wird zur beblätterten oder nackten Ranke, oder er wird zur Inflorefcenz oder Blüthenaxe.

In den erften zwei Fällen eilt er vor. Als Blüthe oder Blüthenftand kann er voreilen oder ruhen bis zur nächften Vegetationsperiode.

Leiten wir die Seitenblüthen oder Inflorefcenzen von der Hauptknofpe K her, fo erhalten wir als Hauptformel diefe:

XVIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

6⁰ $K = N + L(k) +$ Infl. $\leftarrow$, erftes gegebenes Jahr

$k = N + L(k) +$ Infl. $\leftarrow$, zweites Jahr.

In diefem Fall, welcher bei den Oleaceen, Aesculineen, Rhododendreen u. a. m. vorkommt, befteht von dem Zeitpunkt der Mannbarkeit an überhaupt keine überwinternde Endknofpe. K ift eine zwar am Ende ftehende Seitenknofpe, wie die Formel für das zweite Jahr andeutet; einmal aber, nämlich im Beginn der Mannbarkeit, geht die wirkliche Hauptknofpe in die Bildung

der Infloreſcenz zum erſten Male ein. Von jetzt ab iſt alle vegetative Verjüngung an dem Syſtem auf die Axillarſproſſe übertragen, weil die Infloreſcenz nach der Fruchtreife für immer abſtirbt.

Die nächſte Complication beſteht darin, daß in der Hauptknoſpe ein Theil oder alle Axillarſproſſe in Blüthen umgebildet werden.

XIX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$7^0 \quad K = N + L(F) + L(k) + N^1 \rightarrow.$

$8^0 \quad K = N + L(k) + L(F) + N^1 \rightarrow.$

$9^0 \quad K = N + L(k) + L(F) + L(k) + N^1 \rightarrow.$

In 7^0 ſtehen die Blüthen in der unteren, in 8^0 ſtehen ſie in der oberen, in 9^0 in der mittleren Region des tragenden Zweiges, während $L(k)$ eine gewiſſe Anzahl von Laubaxillarſproſſen bedeutet.

In gleichem Sinne können ſich die Nebenknoſpen verhalten. Der Axillarſproß kann auch zur Infloreſcenz werden, er kann mit dieſer abſchließen und ſomit eingehen oder mit einem Laubtrieb weiter wachſen. Alle dieſe Verhältniſſe müſſen bei der ſyſtematiſchen Behandlung der Familien berückſichtigt werden. Bei den diclinen Bäumen, Cupuliferen zum Beiſpiel, können die Hauptknoſpe zum Blätterſproß mit axillaren weiblichen Blüthenſtänden, die Seitenknoſpen zu männlichen Blüthen werden. Nehmen wir als lehrreiches Beiſpiel die Eiche und ſtellen deren Entwicklung dar für zwei Jahre, ſo erhalten wir für den Winterzuſtand in der Nähe der Endknoſpe K mehrere dicht gedrängt ſtehende Seitenknoſpen k. Dieſe enthalten:

XX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$$10^0 \quad K = L(k) + L(♀) + L(k) + N \rightarrow$$
$$k = N + \infty ♂ \leftarrow.$$

Die ganze Seitenknoſpe geht mit der Ausbildung des männlichen Kätzchens ($\infty ♂$) ein.

Die am reichſten gegliederte Hauptknoſpe fand ich bei der Castanea vesca:

XXI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

$11^0 \quad K = N + L[vk\,(\text{Cupula} + 2\text{—}3\ ♀) + \infty ♂] + L(k) + N^1 \rightarrow$

oder auch:

$12^0 \quad K = N + L(\infty ♂) + L(\text{Cupula} + \infty ♂) + L(k) + N^1 \rightarrow.$

In 11^0 eilten die unteren Axillarſproſſe als Laubtriebe vor, in deren Achſeln die weiblichen Blüthen als nächſte Axillarſproſſe ſaßen. Hierauf folgten die ebenfalls vorgeeilten männlichen Blüthenähren ebenfalls als Achſelſproſſe, dann folgten an demſelben Haupttrieb mehrere Blätter mit ruhenden Axillarſproſſen und endlich die Knoſpenſchuppen für den nächſten

Winter. In gleicher Weife zeigt die Formel 12⁰ den Inhalt einer anderen Endknofpe der Castanea.

3. Rhizome, Ausläufer, Knollen und Zwiebeln.

Diefe Gebilde find Anpaffungen an die climatifche Periode. Es finkt die Axe des erften Ranges dauernd herab in die Niederblattregion und verjüngt die Blüthenpflanze als Axe erften Ranges, der zweiten und dritten Ordnung (Rhizom, Knolle, Zwiebel). Der Senker ift ein von der Laubblattzone ausgehender Sproß, welcher in die Niederblattregion zurückfchlägt. Die Verjüngung aus der Niederblattregion kommt nur den Phanerogamen zu.

Bei diefer Anpaffung finken viele Pflanzen auf bleiche, kümmerliche, unterirdifche Kriechtriebe zurück, welche Jahre, Jahrzehnte lang im Waldboden fortwuchern ohne jegliche Demonftration ihrer hohen Keimkraft für Blüthentriebe bis zu dem Momente, wo durch die Lichtung oder den vollftändigen Abtrieb der Laubbäume fie plötzlich mit Macht hervorbrechen und fofort der dortigen Flora einen andern Charakter verleihen.

Diefe adaptive Tendenz hochentwickelter und hochlichtbedürftiger Laubpflanzen, fich auf die Niederblattregion zu reduciren, kann nach beiden Richtungen, nach der Steigerung und nach der Abnahme hin verfolgt werden.

Der Charakter und der Habitus ganzer Familien werden durch fie bedingt. Wir haben fchon gelegentlich des Knofpenfchluffes darauf aufmerkfam gemacht, daß fie durch kein Rudiment desfelben morphotifchen Ranges bei den Kryptogamen vorkommt. Bei der Uebergangsreihe beachten wir, daß entweder der Stammtheil oder das Blatt vorherrfcht.

Der Uebergang nach dem Niederblattrhizon liegt in dem Ausläufer, dem über dem Boden liegenden Stamm, der Erdbeere z. B. Wir erhalten mit Berückfichtigung diefer folgenden Reihen:

XXII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die erfte Ordnung perennirt.

I. Periodifche laubblatttragende Kriechftämme.

1. Ordnung: fchwankt zwifchen Laub- und Niederblatt;
2. » der Blüthenftand;
3. » die Blüthe oder der Blüthenftand.

Fragaria, Lysimachia, Numularia.

XXIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

II. Periodifche unterirdifche Kriechftämme.

1. Ordnung: fchwankt zwifchen Laub- und Niederblatt;
2. » der Blüthenftand;
3. » die Blüthe.

Oxalis acetosella, Fig. 204, Adoxa moschatelina, Iris.

XXIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

III. Unterirdiſche Kriechſtämme.

1. Ordnung: ſinkt vollſtändig in die Niederblattregion hinab;
2. » geht aus dem Axillarſproß des Niederblattes hervor;
3. » der Blüthenſtand oder die Blüthe;
4. » die Blüthe; dieſe entſteht:

a) an einem Blättertrieb: Convallaria;

b) als ein Blüthenſtand, welchem die Blätter ſelbſt in die Niederblattregion herabgeſunken ſind: Ruscus.

XXV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

IV. Unterirdiſche Zwiebeln.

1. Ordnung: iſt ein rudimentärer Stamm mit fleiſchigen Niederblättern;

2. Ordnung: iſt ein Laubblatttrieb aus dem Axillarſproß der Niederblätter;

3. Ordnung: der Blüthenſtand;
4. » die Blüthe, Liliaceen.

XXVI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

V. Unterirdiſche Knollen.

1. Ordnung: iſt der maſſig entwickelte Stamm mit Niederblattrudimenten;

2. Ordnung: iſt ein Kriechtrieb, welcher ſich durch die Niederblatt- in die Laubblattregion und Blüthe erhebt.

Kartoffel (Smilax), Crocus.

XXVII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die 1. Ordnung iſt einjährig.

Unterirdiſche Knollen der Ophrydeen.

Die 1. Ordnung entſpringt als Axillarſproß aus der Niederblattregion an der Mutterknolle und geht aus der Nieder- in die Laubblatt- und Blüthenregion über, nachdem er einen Axillarſproß in der Niederblattregion angelegt hat.

Colchicum, Fig. 205 *I*, Orchis, Fig. 205 *II*.

Zu den extremſten Metamorphoſen des Stammes gehört die Erſcheinung, daß in allen Ordnungen das Laubblatt herabſinkt zum Niederblatt, ſo daß der Stamm ſelbſt ganz ohne Laubblätter, dafür aber in den Zweigordnungen der zweiten Ordnung ſelbſt laubblattartig wird, Ruscus, eine Erſcheinung, die durch die flachen Stämme der Acacien vermittelt wird.

Die Sproßfolge als morphotiſches Geſetz hat die ausgedehnteſte Bearbeitung erfahren, ſie wird aber beſſer verſtändlich, wenn die Entwicklung

der Blüthenpflanze mit hinzugenommen wird. Die Erinnerung an die vorgeführten Beispiele der Gliederung und Verjüngung aber hielt ich für nöthig, um den großen Abstand in der Adaption zwischen den höheren Kryptogamen und Phanerogamen zu demonstriren.



Fig. 204. Oxalis acetosella. Rhizom mit dem letzten Blättertrieb vom Jahr 1872; *68*, *69* u. f. f. die Anschwellungen mit den Blattnarben der früheren Perioden. Aus den Stammanschwellungen, in welchen die Blattbasen noch sichtbar sind, entspringen die Wurzeln.

Eine der vorzüglichsten adaptiven Neigungen an die Periode ist das Blattgelenk, dessen Rudiment zum ersten Mal bei Polypodium, am ausgeprägtesten bei den periodisch beblätterten Bäumen und in den verschiedenen Ordnungen des Niederblattsprosses vorkommt.

Indem wir das specielle Studium der Sproßfolge[1]) in die Systematik der Blüthenpflanzen verweisen, nehmen wir als Beispiel der periodischen Steigerung im Rhizom Oxalis acetosella. Der unverzweigte Stamm rückt alljährlich periodisch fort, die Perioden sind in Anschwellungen kenntlich, welche von den Blattbasen herrühren. Dort entstehen auch die Wurzeln. Die Blätter und Blüthenstände brechen mit einer glatten Narbenfläche alljährlich ab.

Bei Colchicum autumnale, Fig. 205 *I*, ist *A* die Axe des Jahres *n*, an welcher die Blüthe im Herbst des vorherigen Jahres entwickelt wurde, während die Frucht im Jahre *n* zur Reife kommt. Die Mutterknolle *K* bildet in der Achsel des scheidenförmigen Niederblattes *N N'* einen Axillarspross, welcher im laufenden Jahre blüht, im Jahre $n + 1$ an die Stelle von *K* tritt. Hiebei wandern die Reservenährkörper, welche aus der beblätterten Axe *A* nach der Knolle *K* strömten, allmälig in die Tochterknolle.

Bei Orchis, Fig. 205 *II*, übernimmt der Axillarsproß *K'* für das nächste Jahr die Erhaltung des Individuums. Die Masse solcher Stämme beschreibt

[1]) Studienobjecte sind: Epipogium, Corallorrhiza, wo die Wurzelfunction selbst vom Niederblatt besorgt wird, ferner Solanum tuberosum, Aroideen, Cyperaceen (Cyperus), Oxalis lasiandra, Allium, Gagea u. a. m.

als Reſervematerial hier kleine Bahnen von der Knolle des einen zur Knolle des nächſten Jahres. Denkt man ſich alle Generationen durch eine Linie verbunden, ſo erhält man die Bahn, welche von der Pflanze im Boden beſchrieben wird. Dieſe iſt im allgemeinen eine Zickzacklinie und entſpricht einem ſympodialen Stamme, deſſen einzelne Auszweigungen bei unſeren einheimiſchen Ophrydeen mit dem Blüthenſtande endigen. Die Ophrydeen ſind in morphotiſcher Hinſicht noch deßwegen lehrreich, weil an der erſten Entfaltung der Tochterknollen, Fig. 206, ſich die ſcheidenartigen Niederblätter betheiligen. Die Tochterknolle *T*, Fig. 206 *C*, iſt urſprünglich ein Axillarſproß, er wird, indem alle Theile, welche ihn umhüllen, ſo namentlich das Niederblatt-Convolut *N N'*, wachſen, von der tragenden Knolle aus verſenkt. Später entwickeln ſich an dem Vegetationspunkt von *T* die Blätter und der Blüthenſtand.

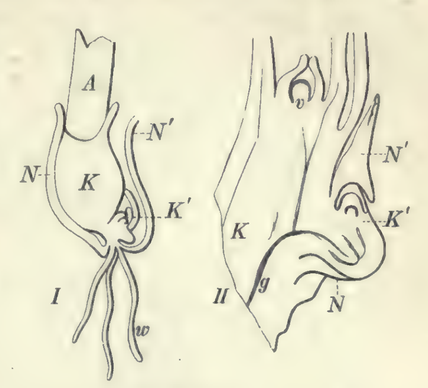


Fig. 205. *I* Längsdurchſchnitt durch die Knolle von Colchicum im Frühling, *K* die Knolle des Jahres *n*, *A* die beblätterte Axe zu dieſer, welche im Herbſt des Jahres *n—1* blühte, im Jahre *n* die Blätter und Früchte entwickelte, *K'* die Anlage der Tochterknolle für das Jahr *n* (Blüthe), *n+1* Blätter, *N N'* Niederblätter, *w* Wurzeln. *II* Orchis mascula, Durchſchnitt durch die Mutterknolle *K*, *v* der Vegetationspunkt, *K'* die Tochterknolle iſt urſprünglich ein Axillarſproß zu dem Niederblatt *N*, *g* Gefäßbündel, welche in die Tochterknolle verlaufen.

Bei Ranunculus Ficaria wird der Axillarſproß ſelbſt direct zur Brutknolle[1]), welche, ſo lange ſie in der Achſel ſitzt, blattlos iſt, bei der gelegentlichen Ausſaat Wurzeln und beblätterte Zweige entwickelt.

Die vegetative Verjüngung kann, wie Fig. 208 zeigt, in einer Richtung ſtetig fortſchreiten, ſo daß, wie ſchon oben bemerkt, die gegebene Pflanze in dem Boden kleine Bewegungen ausführt, ohne daß die Anzahl der zu gleicher Zeit lebenden Zweige oder Individuen vermehrt würde.

Das Niederblatt kann der Maſſe nach überwiegen (Zwiebel), oder es kann der Stamm die Hauptmaſſe ausmachen (Knolle), z. B. Kartoffel, Helianthus tuberosus, Colchicum, Orchis, Arum, Oxalis lasiandra u. a. m.

Eine Zwiebel kann ihrer größeren Maſſe nach aus einer einzigen fleiſchig gewordenen (Nieder-) Blattbaſis beſtehen (Allium ursinum, Gagea). Zwiebelartige Anſchwellungen kommen als Variationen der Blüthenpflanzen vor bei den Alliumarten. In gleichem Sinne werden bei manchen viviparen Gräſern die Aehrchenaxen auffällig verdickt, ſo bei Poa bulbosa var. vivipara, bei Poa alpina u. a. m.

---

[1]) Kommt anderweit vor bei Lilium, Allium in der Laubblatt- und Blüthenregion.

4. Gelenkbruch der Zweige und Blätter.

Die Fähigkeit, sich zeitweilig ganz auf die Niederblattregion zurückzuziehen, schützt die Pflanze vor oberirdischen Feinden oder schädlichen Einflüssen (Frost, Dürre).

Sie hat es so in der Gewalt, zur geeigneten Zeit Blatt- und Blüthentriebe als jeweilige Auszweigungen letzter Ordnung in's Licht und in die Atmosphäre zu senden.

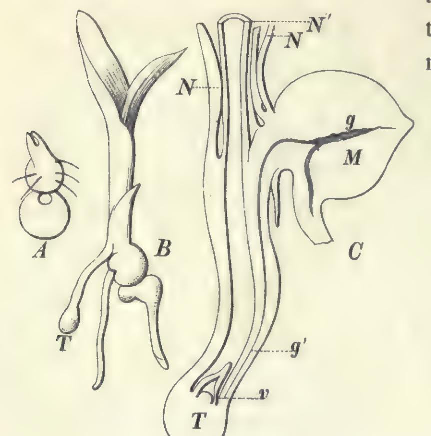


FIG. 206. Entwicklung der Ophrydeenknollen. *A* Mutterknolle, *B* Mutterpflanze mit der Tochtersenkknolle *T*, *C* Durchschnitt durch Mutter- und Tochterknolle (*M* und *T*), *N N* Blattconvolute, *T* Tochterknolle, *v* Vegetationspunkt derselben, *g g'* Gefäßbündel.

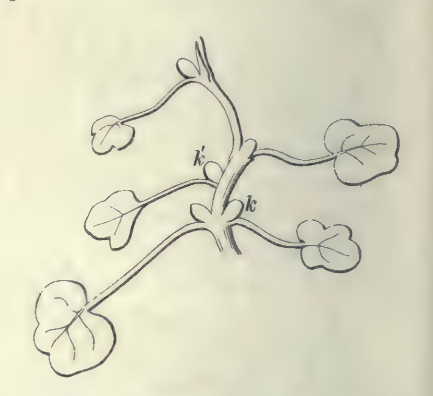


FIG. 207. Ranunculus Ficaria. Laubtrieb mit den Brutknospen *k k'*, diese sind knollenförmig umgebildete Axillarsprosse der Laubblattregion.

Eine Anpassung im Gefolge dieser Einrichtung ist der Bruch solcher Triebe durch ein Gelenk.

Diese kommt schon scharf umschrieben einigen Polypodiaceen zu, erreicht aber die höchste Vollendung:

1⁰ in den Rhizomen der Monocotylen, Convallaria;

2⁰ in der Baumkrone (Salices, Populus, Quercus), s. Bd. I, S. 379.

D. Die Tendenz, Waffen zu bilden, nimmt zu.

Im Allgemeinen nimmt das Streben, den Stamm und die Blätter zu Waffen umzubilden, in aufsteigender Richtung zu und erreicht bei den Dicotylen sein Maximum. Den Gefäßkryptogamen fehlt diese Neigung, es fehlen dort Stacheln, Dornen, Ranken, Drüsen, Brennhaare, Saugwurzeln.

Bei gesellig lebenden Pflanzen vermißt man ebenfalls diese Metamorphose, so bei den hervorragenden Rasenbildnern, Gramineen, Cyperaceen und den Familien der geselligen Wälder, Coniferen, Cupuliferen, Salices, Betulineen u. s. f.

1. Verschwinden und Wiederauftreten des Parasitismus.

Die Neigung aller Repräſentanten eines Formenkreiſes, einen Offenſivkrieg gegen ihre Nachbarn zu führen, tritt gleichwohl frühe mit den niederſten Pilzen auf.

Wir ſind aus allen morphotiſchen Vorgängen berechtigt, den Pilzſtamm und den Algenſtamm als in die Vergangenheit convergente Aeſte anzuſehen. Alle Zweige des Pilzſtammes beſitzen die Neigung, ihre Nach-

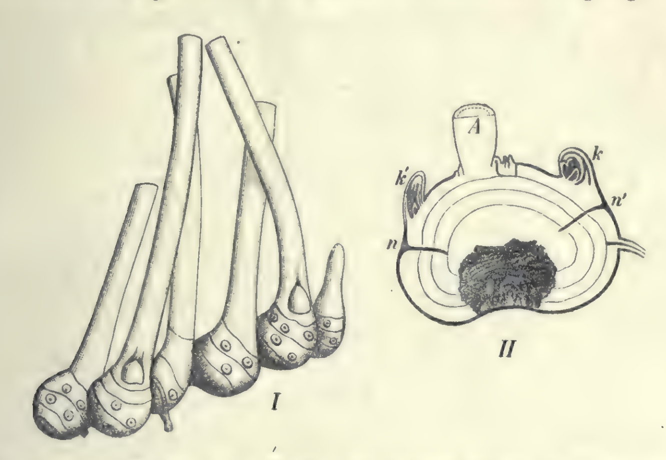


Fig. 208. *I* Kette von Knollrhizomen, im Sinne einer Cyma helicoidea geordnet, von Pleurothallis ophiocephala, von jeder geht ein beblätterter Trieb ab, vorn die jüngſte Knoſpe für den nächſten Trieb. *II* Eranthis hiemalis. Durchſchnitt durch die Knolle mit zwei Seitenknoſpen *k k'*, *A* die beblätterte Axe. Die Knolle iſt in dem ſchraffirten Theil ausgehöhlt. (Nach Irmisch, Bot. Ztg. 1860 Nr. 25.)

barn anzugreifen, zu paraſitiren, in hohem Grade, während dem Algenſtamm durch alle ſeine Deſcendenten, die Flechten, Mooſe, Rhizocarpeen, Lycopodiaceen, Farrenkräuter, Coniferen, jegliche Neigung zum Paraſitismus, ſogar, mit Ausnahme der Salvinia, jede metamorphe Waffenbildung abgeht. Erſt mit den Monocotylen tritt der Paraſitismus wieder auf.

2. Erstes Auftreten der Secretion.

Man kann die Secretion als eine adaptive Tendenz anſehen, welche der Pflanze in einem gewiſſen, uns zuweilen freilich unerklärlichen Sinne nützlich wird.

Die Bildung ſtarkriechender Eſſenzen in ſo kleinen Mengen, daß eine Maſſenabſcheidung in beſondere Canäle, Intercellularräume nicht erfolgt, iſt eine conſtante Charaktereigenſchaft vieler dominirender Familien: Labiaten, Compoſiten, Laurineen u. a. m.

Stark riechende Blüthen kommen faſt allen Formkreiſen zu.

Bei einigen werden Secrete in ſo reichem Maße gebildet, daß es zu einer erblichen, hiſtologiſchen Vorrichtung kommt, zur Bildung der Inter-

cellularräume, in welche das Secret abfließt — der Drüfenhaare (Dictamnus), in welche das Secret hinauswandert — der Klebringe (Sileneen) — der Wachsdrüfen (Betulineen).

Das erfte Rudiment der Secretionsbehälter findet fich bei den Farrenkräutern; den Moofen, Lycopodiaceen, Rhizocarpeen fehlt jede Anlage dazu. Die höchfte Ausbildung der Secretionscanäle erfolgt fchon bei den Coniferen und bildet fo hier, wie bei den Compofiten (Inuleen), Umbelliferen, Araliaceen, Terebinthaceen, Tiliaceen, eine erbliche Eigenfchaft (f. Bd. I, S. 225) der Entwicklung des vegetativen Körpers.

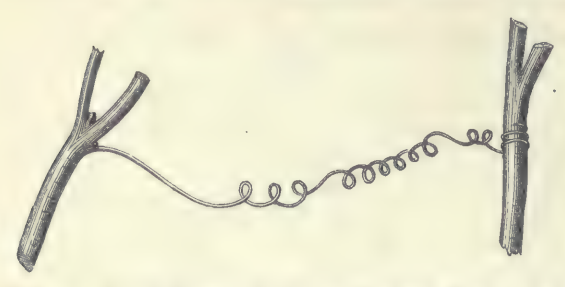


Fig. 209. Bryonia dioica. Links der rankentragende Stamm, rechts eine Stütze, welche von der Ranke in drei Windungen umfchlungen ift. Nachdem dieß erreicht war, hat fich die Ranke von links nach rechts in einer rechtsumläufigen Schraube aufgewickelt bis etwa zur Hälfte, alsdann dreht fich die Ranke fo, daß fie von jetzt ab linksumläufig wird.

Man kann fomit annehmen, daß auch die Secretion eine von den niederen nach den höheren Pflanzen wachfende adaptive Erfcheinung im Sinne der nützlichen Eigenfchaften ift. Die Secretionscanäle fehlen bei den Monocotylen!?

Durchmuftert man von den niederen zu den höheren Gewächfen die adaptiven Tendenzen zur Bewaffnung, fo findet man, daß die Offenfivwaffen (man vergl. Fig. 209) Dorn, Ranke, Drehftamm plötzlich erft bei den Phanerogamen auftreten und in den Gefäßkryptogamen nicht einmal in Rudimenten angedeutet find, daß complicirte Bewegungen und Lebensweifen, wie

1° Schlingen;
2° Winden;
3° periodifche Bewegung der Blätter;
4° Nutiren der Stämme

ebenfo plötzlich erft mit den Blüthenpflanzen eintreten, bei den Kryptogamen nur durch die erbliche Gewohnheit des pofitiven und negativen Geo- und Heliotropismus angedeutet find.

Die Neigung, complicirte Bewegungen mit den Zweigen und Blättern auszuführen, ift eine erbliche Erfcheinung. Sie tritt erft bei den höheren Gewächfen auf.

Schon die Fruchtftände der Pilze orientiren fich zur Schwere. Die Lamellen von Hydnum weichen fogar dadurch von der Radialftellung zum Strunke ab.

Viele niedere Pilzmycelien aber in feuchten Dunkelräumen find in

ihrer Geſtaltung von der Schwere gar nicht beeinflußt — ebenſo die ſchwebenden Süßwaſſeralgen, die Colonien der Desmidieen. Poſitiver und negativer Geotropismus findet ſich ſchon bei den Mooſen — ebenſo poſitiver und negativer Heliotropismus bei den Marchantieen, Jungermannien.

Die ſichelförmig gekrümmten Blätter der Hypneen zeigen die erſte Neigung, das Blatt in beſtimmter Weiſe zu bewegen.

Die gekämmten Zweige der Fichte und Weißtanne bilden den Uebergang zu den Bewegungserſcheinungen der Blätter höherer Pflanzen (man vergl. Bd. I, S. 351).

3. Drehung der Axe.

Es iſt eine auffällige Thatſache, daß allen niederen einzelligen Stämmen, den Fadenalgen, den Pilzen, die Neigung fremd iſt, eine Drehung um ihre Axe auszuführen. (Sie kommt vor bei den Oscillarien und den Characeen.) Aber ſchon bei den niederſten geſchichteten Cylindergebilden beobachtet man dieß Beſtreben, ſich um ſich ſelbſt zu drehen, ſo bei den Seten der Mooſe, bei einigen Pilzſtrünken. In dieſer Torſion liegt die erſte Anlage zu den windenden Ranken und Schlingſtämmen, welche am ausgeprägteſten in zahlreichen Blattranken und Stengeln in den höheren Gewächſen zum erblichen Charakterzug werden. Rebe, Zaunrübe, Hopfen (Fig. 209—214).

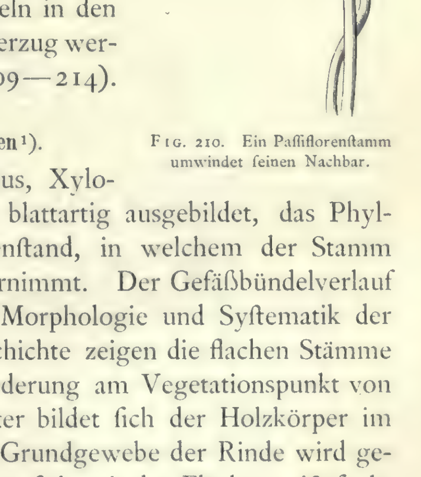
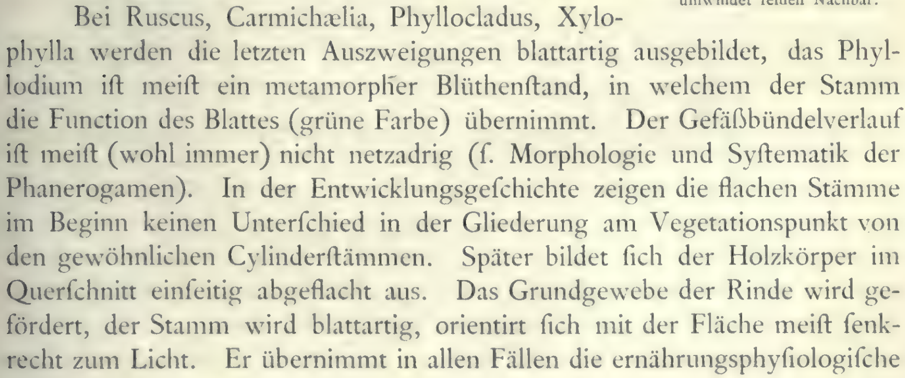


Fig. 210. Ein Paſſiflorenſtamm umwindet ſeinen Nachbar.

4. Abgeflachte Stämme, Phyllodien, Cladodien[1]).



Bei Ruscus, Carmichælia, Phyllocladus, Xylophylla werden die letzten Auszweigungen blattartig ausgebildet, das Phyllodium iſt meiſt ein metamorphier Blüthenſtand, in welchem der Stamm die Function des Blattes (grüne Farbe) übernimmt. Der Gefäßbündelverlauf iſt meiſt (wohl immer) nicht netzadrig (ſ. Morphologie und Syſtematik der Phanerogamen). In der Entwicklungsgeſchichte zeigen die flachen Stämme im Beginn keinen Unterſchied in der Gliederung am Vegetationspunkt von den gewöhnlichen Cylinderſtämmen. Später bildet ſich der Holzkörper im Querſchnitt einſeitig abgeflacht aus. Das Grundgewebe der Rinde wird gefördert, der Stamm wird blattartig, orientirt ſich mit der Fläche meiſt ſenkrecht zum Licht. Er übernimmt in allen Fällen die ernährungsphyſiologiſche

---

[1]) Askenasy, Entwicklungsgeſch. der flachen Stämme. Frankfurt a. M. Mahlau & Waldſchmidt. 1872.

Function der Blätter, dafür sinken diese zu rudimentären Schuppen herab. In der Regel werden mehrere Zweigordnungen mit einem Knospenausbruch entwickelt, Fig. 211. Das interessanteste Studienobject ist Ruscus. Die Pflanze perennirt mit einem vielfach aus der Niederblattregion verzweigten Rhizom. Der Axillarsproß eines Niederblattes wird zum oberirdischen Cladodium (Phyllodium) mit mehreren Zweigordnungen, welche wiederum Axillar-



Fig. 211. *I* Phyllodium von Xylophylla. *II* ebensolches von Acacia. In beiden Phyllodien stehen die Blüthenstände in der Achsel kleiner Hochblätter, welche an den zahnartigen Vorsprüngen entstanden sind.

sprosse zu später schuppenförmigen Laubblättchen ausbilden. Die letzte Ordnung dieser Zweiglein entwickelt sich blattartig, grün, dornspitzig, an diesen sitzen, gestützt durch ein Vorblatt und mehrere Nebenblätter, die Blüthenstände.

XXVIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen (Anschluss an die Seite 375 geschilderte Reihe).

Perennirendes Niederblattrhizom →

Axillarproduct wird zum oberirdischen Stamm,

derselbe beginnt mit einem Cyclus scheidenartiger Niederblätter. Es folgen die dreikantigen Axen.

An diesen haben wir den Scheitel von oben zu betrachten. *V* ist der Vegetationspunkt, *f* das Laubblatt, *P* die flache, grüne, elliptisch zugespitzte Nebenaxe des Phyllodium, *B* die Blüthe oder der Blüthenstand, *b'* die Vorblätter und Bracteen, so ist die Anordnung in diesem Schema

$$1\ [f\ P\ B\ b' \cdot V\ (b'\ B\ P)\ f]\ 2$$

veranſchaulicht für zwei Syſteme (*1*, *2*), welche hintereinander an dem Vegetationspunkt entſtanden ſind. Im ausgebildeten Zuſtande erſcheint die Blüthe in der Mitte der flachen blattartigen Axe verwachſen.

Bei Helwingia rücken die Blüthen auf der Mittelrippe des Laubblattes bis etwa $^1/_3$ der Blattlänge hinauf. Die Entwicklungsgeſchichte dieſer Phyllodien oder Verwachſungen bei Helwingia iſt leider nicht bekannt.

5. Lemnastämme.

Die merkwürdigſte Umbildung des Stammes findet ſich bei den Lemnen, wo derſelbe zu einem flachen, linſenförmigen oder dichotomiſch verzweigten, grünen blattähnlichen Gebilde wird, welches die Function des Blattes vollſtändig übernommen hat. Der Stamm iſt waſſertüchtig, ſchwimmt auf der Oberfläche der Gewäſſer und bildet unverzweigte Wurzeln. Bei einigen Lemnen fehlt ſelbſt jede Anlage zur Wurzel (L. arrhiza). Der Vegetationspunkt liegt in einer Falte des flachen Stammes eingeſchloſſen, die Verzweigung der Lemnen (z. B. L. trisulca) iſt ſympodial. Die Blätter werden als kleine Rudimente noch angelegt. (Ausführliche Entwicklungsgeſchichte ſ. Syſtematik.)

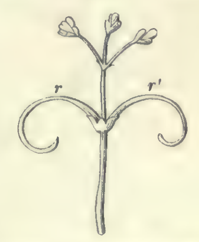


Fig. 212. Cardiospermum halicabalum, oberer Theil eines cymöſen Blüthenſtandes. Die Axillarzweige ſind oben in normaler Weiſe in Blüthenzweige; unten dagegen in Ranken umgebildet (nach Darwin).

6. Offensivwaffen[1]).

Soweit Offenſivwaffen aus dem Stamm allein hervorgehen oder ſoweit dieſer allein offenſiv wird, ſind zweierlei Gebilde zu betrachten: die Stammranke und der Schlingſtamm.

Die Stammranke kann aus der Achſel der Hochblätter entſtehen, ſo bei Cardiospermum, Fig. 212 (Familie der Sapindaceen), wo *r r'*, zwei Axillarſproſſe der Blüthenregion, zu Ranken umgebildet ſind.

Die Ranken der Cucurbitaceen von Vitis und Ampelopsis ſind metamorphe Seitenzweige, deren Entwicklungsgeſchichte für Vitis aus den Figuren 213—215 erſchloſſen werden kann. Der Stamm der Rebe gliedert ſich in der Weiſe, daß rechts ein Blatt mit dem zugehörigen Axillarſproß, links eine häufig mit Hochblatt und Blüthenanlagen verſehene Ranke ſteht. Im nächſten Schritt ſteht rechts die Ranke, links das Blatt u. ſ. f.

Die Ranke Fig. 213 iſt ein umgebildeter Zweig, welcher in ſeiner

---

[1]) Darwin unterſcheidet Wurzelkletterer, Hackenkletterer, windende Stämme und rankende Kletterer (ſ. Darwin, Ueber das Klettern und Ranken).

Einfügung an den tragenden Aft nicht von einem Blatte geftützt ift. Er ftellt, wie fpäter zu erweifen ift, das Ende des Stammes dar, welches feitlich gerückt wurde, während eine Nebenknofpe die Weiterbildung übernahm; die Ranken find die jeweiligen Scheitelfproffe eines fympodial wachfenden Stammes.

Die verzweigte Ranke des Weinftockes ift im Beginne geradläufig mit hakenförmiger Spitze, welche reizbar ift (Bd. I S. 297). Berührt fie

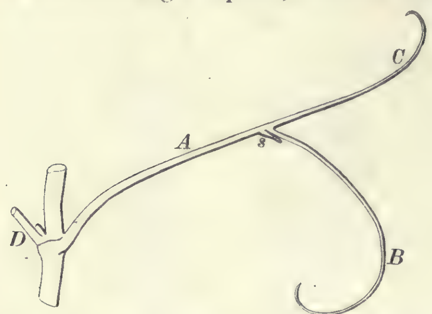


Fig. 213. Ranke des Weines. *A* Stiel der Ranke, *B* längerer Zweig mit einer Schuppe an feiner Bafis, *C* kürzerer Zweig, *D* Stiel des gegenftändigen Blattes (Darwin, S. 106).

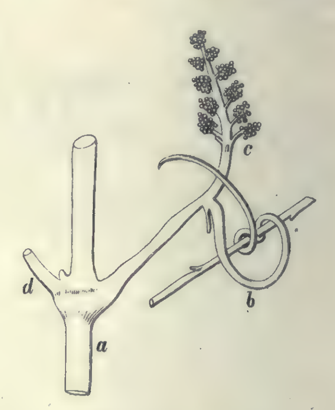


Fig. 214. Blüthenftengel des Weins. *a* gemeinfamer Stiel, *b* Blüthenranke mit einer Schuppe an ihrer Bafis, *c* Nebenftiel, die Blüthenknofpe tragend, *d* Stiel des gegenftändigen Blattes (Darwin, S. 107).

eine Stütze, fo wickelt fie fich um diefelbe (Fig. 214). An diefer halbfchematifchen Zeichnung endet die erfte Rankenordnung mit einem Blüthenftande *C*. Etwas tiefer entfpringt als Axillarproduct zu einem kleinen fchuppenartigen Laubblatte der Seitenzweig *b*, welcher die Stütze umwickelt hat. Es ift fomit leicht, die höheren Auszweigungen als Axillarfproffe zu erkennen.

Ebenfo ift der Stammcharakter der erften Rankenordnung leicht daraus zu erkennen, daß fie Blüthenftände in mehr oder weniger vollkommener Form ausbildet. Die Stellung des ganzen Rankenfyftems zur beblätterten Axe des Weines dagegen bietet im morphotifchen Sinne größere Schwierigkeiten.

Wir erhalten in den Ampelideen den

XXIX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Von dem Vegetationspunkt einer rankentragenden fogenannten Lotte des Weinftockes gliedern fich ab: Blätter, Axillarknofpen (Geizen) in den Blattwinkeln und Ranken:

$$\overset{4}{B}\ \overset{2}{k}\ R\ V\ \overset{1}{\overbrace{(k\ B)}}\ \overset{3}{R}$$

und fo fort, an der Bafis ftehen dann nur mehrere alternirende Blätter mit ihren zugehörigen Axillarfproffen. Die Morphologen faffen das Syftem fo

auf: die Lotte wächſt, bildet Blätter und die zubehörigen Axillarſproſſe und ſchließt ab mit der Bildung einer urſprünglich terminalen Zweigordnung, welche zur Ranke wird, dieß iſt der erſte Schritt des Sympodium, ein Sproß niederer Ordnung übernimmt die Weiterbildung. Er bildet wiederum eine gewiſſe Anzahl (1—2) Blätter mit den zubehörigen Achſelknoſpen, ſchließt wiederum mit einer Ranke ab und ſo fort. Ein Durchſchnitt durch den Scheitel der Knoſpe entſpricht dieſer von BRAUN aufgeſtellten Theorie nicht. Mindeſtens iſt nirgends ein Beiſeiteſchieben der urſprünglich ſcheitelſtändigen Ranke zu beobachten, dieſelbe entſteht vielmehr in der Nähe des genau den Scheitel krönenden Vegetationspunktes gerade wie jede andere Seitenknoſpe (Fig. 215).



FIG. 215. Vitis vinifera. Längsſchnitt durch eine Knoſpe im Frühling. *v* deren Vegetationshügel, *a A* Axillarſproſſe, *B B'* Blatt, *R R'* Ranken.

Mindeſtens iſt die Verſchiebung, welche in Wirklichkeit beobachtet wird, eine außerordentlich geringfügige. In der Nähe von *v*, dem Vegetationspunkt, beobachtet man in der Fig. 215 bei *B* das jüngſte Blatt, gegenüber in *R* ſteht die bereits verzweigte Ranke, zwiſchen dieſer und *v* iſt allerdings hier noch eine Sproßanlage *a* ſichtbar. Es folgt rechts wieder eine Ranke, links ein bereits mit den Fiederanlagen verſehenes Blatt und der zugehörige Axillarſproß. Die Schwankungen, welche im Sinne der Sympodiumtheorie hier vorliegen, ſind jedenfalls geringfügiger als ſie aus der aufgeſtellten Theorie gefordert werden.

EICHLER[1]) kommt zu dieſem Reſumé: Es fragt ſich nun, ſind jene Befunde der Entwicklungsgeſchichte als ein durchaus zwingender Grund zu erachten, die Sympodialtheorie aufzugeben und dafür die dem vergleichenden Morphologen ſo anſtößigen Begriffe von extraxilen und deckblattloſen Zweigen, beziehentlich von Zweigbildung durch Theilung (Dichotomie) der Axenſpitze an die Stelle zu ſetzen? EICHLER macht auf einen allmäligen Uebergang aufmerkſam, welcher bei den ſympodialen Blüthenſtänden herrſcht,

[1]) Blüthendiagramme. II, 381. Engelmann. Leipzig 1878.

wo die Verſchiebung der Endknoſpe durch den Seitentrieb einmal ganz deutlich auch an jungen Entwicklungszuſtänden geſehen wird, während an ganz ähnlichen «identiſchen» Gebilden anderer Pflanzenarten das Verhältniß am Scheitel verwiſcht iſt. Somit iſt für die Ranke der Rebe die Sympodiumtheorie von den Morphologen als haltbar anzuſehen.

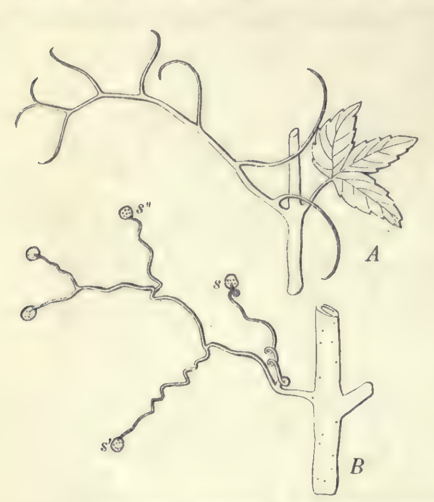


Fig. 216. Ampelopsis hederacea. *A* völlig entwickelte Ranke mit einem jungen Blatte an der gegenüberliegenden Seite des Stammes. *B* ältere Ranke, mehrere Wochen nach ihrer Anheftung an einer Mauer; die Zweige ſind verdickt und ſpiralig zuſammengezogen, die Spitzen zu Scheiben *s s' s''* entwickelt, die nicht angehefteten Zweige dieſer Ranke ſind verwelkt und abgefallen (Darwin, S. 114).

Die Ranke von Ampelopsis, Fig. 216, klammert ſich mit Haftſcheiben an die feſte Unterlage und rollt ſich dabei in einem Theil des Rankenzweigs von links nach rechts, im andern von rechts nach links.

Im erſten Entwicklungszuſtande iſt ſie wie bei Vitis gerade mit hakenförmigen Endigungen. In ähnlichem Sinne verhält ſich die Bryonienranke.

Von der Keimung ab verhält ſich die Rebe ſo: nach den kleinen Cotyledonen entſteht ein monopodialer fußlanger Sproß mit cycliſcher Beblätterung und normaler Axillarknoſpenbildung. Die Ranken fehlen bis jetzt noch. Beim oberſten Blatte ſtellt ſich die Bildung der Ranken ein, das Monopodium ſchließt damit ab und geht in ein Sympodium über. Die terminale Verjüngung in Form von Lotten wird indeß auch bald eingeſtellt. Die Spitze ſtirbt ab und die Verjüngung geht von jetzt ab nur durch Achſelknoſpen vor ſich, welche in den Achſeln der Blätter des Monopodium einſchließlich der Keimblätter angelegt waren:

1° Keimpflanze,
2° Geizen aus der Blattachſel der Keimpflanze,
3° Lotten aus der Vorblattachſel der Geizen.

«Alle drei Sproßformen laufen dabei nach dem Vorausgang einer variabeln, doch für die einzelnen Sproßformen verſchiedenen Anzahl von Laubblättern, 2 bei den Geizen, 3—5 bei den Lotten, 6—10 an der Keimpflanze, in Ranken aus und ſetzen ſich dann durch ein Sympodium fort, welches bei der Keimpflanze und den Geizen meiſt nur kümmerlich, bei den Lotten ſehr kräftig entwickelt wird und deſſen Glieder durch Zahl und Stellung ihrer Blätter ſich wiederum als eine beſondere Sproßform dar-

ſtellen und ſich überdies nochmals in die untergeordneten Formen ein- und zweiblätteriger Sproſſe theilen.»

7. Stamm- und Wurzelhaustorien (Saugwarzen).

Zu den furchtbarſten Offenſivwaffen gehört der faſt blattloſe Schlingſtamm der Cuscuta, Fig. 217. Er bildet an der Berührungsſtelle mit der Nährpflanze Saugwurzeln, Hauſtorien, welche die Rinde der Nährpflanze durchbrechen und im Innern des Wirthes, nachdem eine vollſtändige Verwachſung der beiderſeitigen Gewebe eingetreten, lange einzellige Haare durch die benachbarten Gewebe ſendet (Fig. 221).



Fig. 217. Cuscuta europæa. Ein Stengelſtück, welches einen Eſchenzweig umſchlungen hat. *h* die Hauſtorien (nach Solms-Laubach).

Die Balanophoreen und Raffleſiaceen verhalten ſich ähnlich, dort entwickelt ſich ſelbſt die Anlage des Blüthenſtandes aus dem Innern der Nährpflanze, Fig. 218 *A*.

Paraſite Pflanzen ſind noch bekannt aus der Familie der Orobancheen: Lathræa squamaria und die ſämmtlichen Orobanchen; aus der Familie der Loranthaceen: Viscum, Loranthus; der Santalaceen: Osyris, Thesium; der Rhinanthaceen: Rhinanthus, Melampyrum, während es nicht feſtſteht, ob die Monotropa Hypopitys ein ächter Schmarotzer iſt.

Bei der Beſiedelung der Nährpflanze iſt zu beachten, daß der Paraſit ſchon mit ſeiner Keimwurzel und nur mit dieſer eindringt, ſo bei Viscum album, dem verbreitetſten baumbewohnenden Paraſiten. Der Same enthält in dem ſchleimigen großen Endoſperm zwei wohlausgebildete Keimlinge, welche ein deutliches Würzelchen, die Keimaxe, und zwei Cotyledonen beſitzen. Bei der Verſchleppung der Samen durch die Miſteldroſſel klebt derſelbe an der Rinde, die Keimung erfolgt, das Würzelchen beugt ſich negativ heliotropiſch gegen den Stamm der Nährpflanze, plattet ſich, wenn es dort faſt lothrecht zur Stammfläche aufgetroffen iſt, ab. Aus der Abplattung ſtreckt ſich das Hauſtorium und bohrt ſich als ein Meriſtemkegel in das grüne Gewebe des Rindenriſſes. Es verwachſen die Gefäßbündel des Hauſtorium mit dem Holzzuwachs des Wirthes, ebenſo die Parenchymgewebe der beiderſeitigen Theile. Im erſten Jahre der Keimung dringt das meriſtematiſche Würzelchen gerade bis zu dem Holzkörper der Nährpflanze vor, indem es etwaigen Baſtbündeln der Rinde ausweicht. Es iſt unverzweigt oder gabelt ſich während dieſes Wachsthums. Im nächſten Frühling erſt ſtreckt ſich die Keimaxe, es entwickeln ſich die Blätter und nächſten Sproſſe. Während dieſes Jahres wird die Keimwurzel von

dem Jahrring des laufenden Jahres der Nährpflanze eingehüllt. Die Spitze der Wurzel wird zum Senker, welcher parallel der Axe des Nährastes fort-

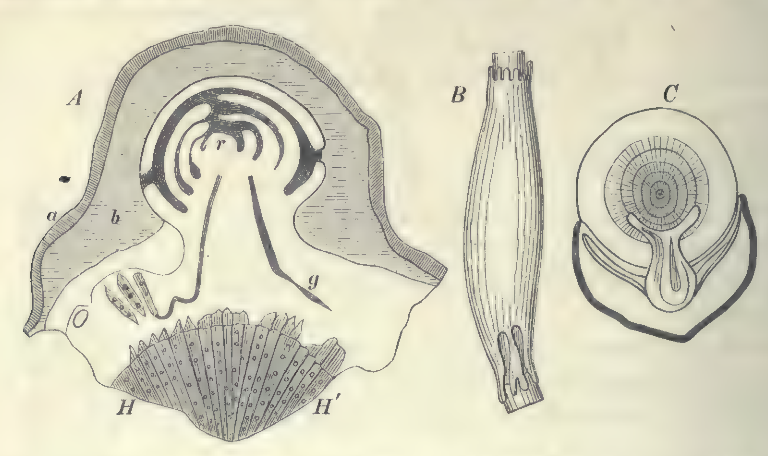


Fig. 218. *A* ein Blüthenstand von Cytinus in der Cistuswurzel, das Markgewebe des Sprosses *r* steht mit der Rindenzone der Nährpflanze in Verbindung, ebenso die Theile des Gefäßbündels *g*; der Rindentheil *b* der Nährpflanze wird später von dem Sproß des Parasiten gesprengt. *B* schematische Ansicht eines intramatricalen Cylinders von Cytinus. Die Wurzelrinde von Cistus ist als entfernt zu denken. Die Zähnelungen beiderseits entsprechen der Meristemschicht der Medullarplattenleisten. *C* Längsschnitt eines Haustoriums von Osyris alba, dasselbe ist bis in die jüngste Lage des Holzes eingedrungen und dort flach verbreitert. (Nach Solms-Laubach.)

wuchert. Von den Senkern aus, deren morphotische Natur keine Analogie im Pflanzenreich besitzt, können an beliebigen Orten der Nährpflanze vegetative Pflanzen hervorgehen. Es ist somit die erste Besiedelung nur an einer oder wenigen Stellen nöthig, um dem Parasiten eine dauernde Herrschaft in dem Nährbaum zu sichern.

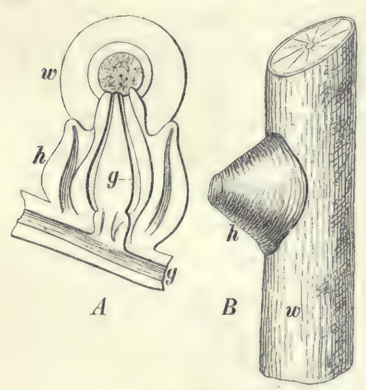


Fig. 219. *A* Thesium pratense, Haustorium, welches von dem Zweig *g* entspringt und in eine Dicotylenwurzel *w* eingedrungen ist, *h* die Rinde, *g* die Gefäßbündel des Parasiten, das Haustorium ist bis zum Holzkörper der Wurzel vorgedrungen. *B* ein Haustorium *h* sitzt auf einer Syringawurzel *w*. (Nach Solms-Laubach.)

Die Cuscuten besiedeln, wie schon oben (vergl. Fig. 217) angedeutet, die Nährpflanze mit Schlingstämmen, welche des Chlorophylles entbehren und die Blätter nur rudimentär ausbilden. An den Schlingstellen bilden sich die Haustorien reihenweise.

Sie bohren sich in das Grundgewebe der Rinde, Fig. 221, erhalten ein axiles Gefäßbündel. Von der Endigung der Haustorien entwickeln sich zahlreiche Wurzelhaare, welche bis zum Marke eindringen und die Gewebe auf ihrer Bahn zum Theil resorbiren.

Die dritte Form des Eindringens, beziehentlich der Entwicklung der

Hauſtorien iſt bei Thesium genauer unterſucht. Die Pflänzchen keimen in normaler Weiſe, bilden nun aber an den Auszweigungen ihrer ſonſt erd-

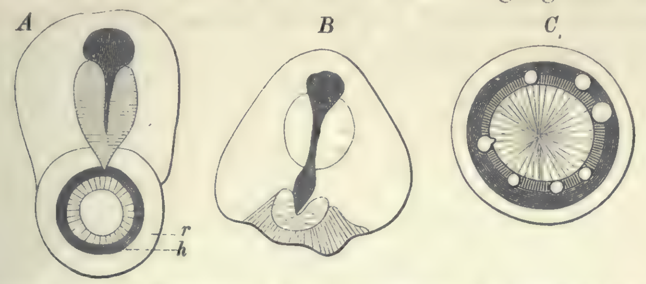


Fig. 220. *A* Hauſtorium von Rhinanthus minor auf einer Dicotylenwurzel. Das Hauſtorium beſitzt in dem ſchraffirten Theil ein Gefäßbündel, welches ſich nach der Saugwarze hin abzweigt. Die Saugwarze als parenchymatiſcher Wulſt hat die Rinde *r* ſoeben durchſetzt und iſt bis zum cambialen Theil *h* der Nährwurzel vorgedrungen. *B* ein ähnliches Hauſtorium von Rhinantus minor auf einer Monocotylenwurzel, der ſchraffirte Theil iſt die Saugwarze, welche den Holzkörper der Nährwurzel geſpaltet hat, nachdem die Rinde durchwuchert war. *C* Querſchnitt eines Weißtannenzweiges. In dem inneren Theil der ſecundären Rinde ſind ſieben Wurzeln der Miſtel eingeſchloſſen und im Querſchnitt getroffen, an dem einen Querſchnitt links ſieht man eine kleine Papille, dieß iſt die erſte Anlage des Senkers. (Nach Solms-Laubach.)

tüchtigen Wurzeln Saugſcheibchen, welche die Wurzeln der benachbarten Pflanzen beſiedeln, eine Saugwarze bilden, welche in die Nährpflanze eindringt.

Es ſind ſomit im Weſen der Sache drei Kategorien von Phanerogamenſchmarotzern zu unterſcheiden. Wir erhalten im Anſchluß an die früher aufgeſtellte Reihe von Entwicklungscyclen:

XXX. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die Keimwurzel bildet ſich direct zum Hauſtorium um. Die Wurzel iſt nicht erdtüchtig und auf die Nährpflanze abſolut angewieſen. Von der Keimpflanze entſteht der Senker, an dieſem die adventive Laubpflanze: Paraſit und Nährpflanze perenniren. Viscum, Loranthus, wahrſcheinlich auch diejenigen Balanophoreen und Cytineen, welche perennirende Nährpflanzen beſiedeln:

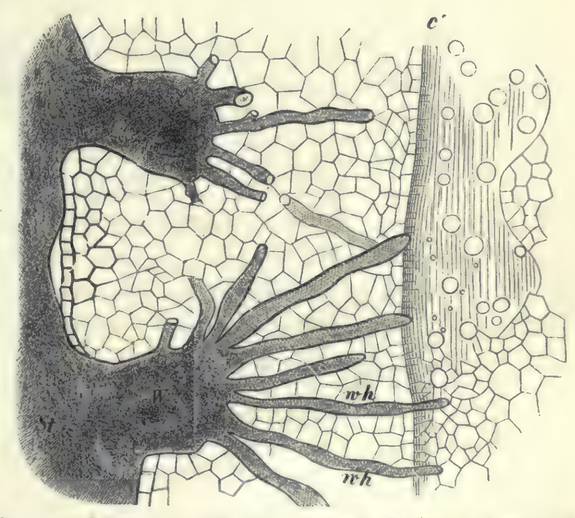


Fig. 221. Schematiſcher Querſchnitt durch eine Parthie des Stammes der Balſamine, welche von einer Cuscuta umſchlungen iſt. *St W* Stamm und Wurzel der letzteren. *wh* die Wurzelhaare der Saugwurzel (Hauſtorium), welche weit in das Gewebe der Rinde bis zur cambialen Zone *c′* des Balſaminenſtammes vorgedrungen ſind.

A) der Blüthenftand entwickelt fich auf dem Laubblattfproß des Parafiten, Viscum;

B) der Blüthenftand ift in dem Zuftand der Anlegung noch in der Nährpflanze eingefchloffen, Balanophora und Cytinus, Fig. 218 *A*.

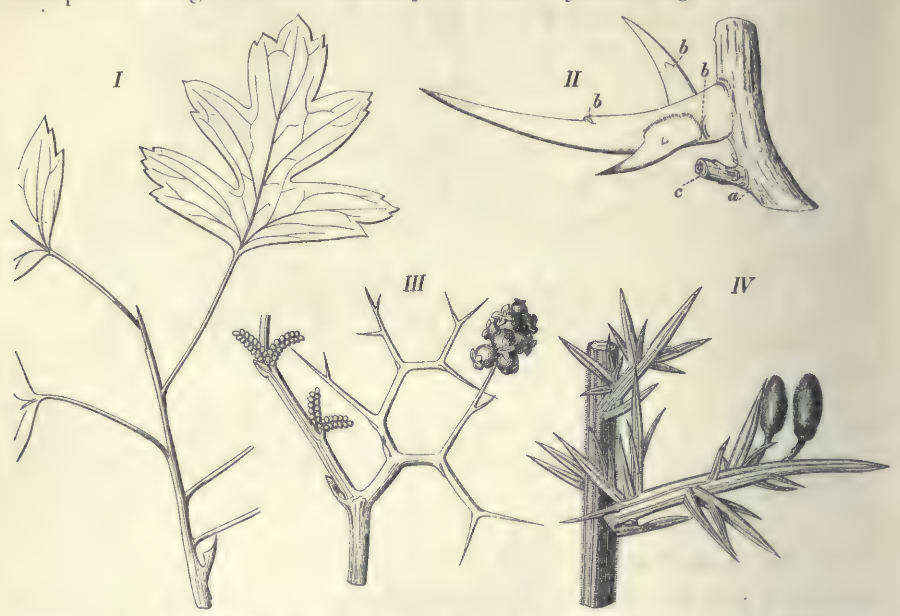


Fig. 222. *I* Cratægus oxyacantha, Zweigdorn noch beblättert, kurz nach der Knofpenentfaltung. *II* ebenfolcher von Cratægus crus Galli, *b* die Blattknofpen, welche von dem Axillarfproß angelegt waren. *III* Zweigdorne mit Stipulis, einer der Zweige ift in einen Blüthenftand umgebildet. *IV* der Zweigdorn von Ulex europæus ift bis zur dritten Ordnung verzweigt, die letzte Ordnung ift die Blüthe.

XXXI. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Die Hauftorien entftehen auf dem Stammtheil, welcher die Nährpflanze an deren Stammtheil umfchlingt. Beide Stämme find einjährig und hinfällig, die Blüthen und Samen (Früchte) entftehen auf dem Stengeltheil des fonft blattarmen Parafiten: Cuscuteen.

XXXII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Der Parafit ift in früher Keimphafe erdtüchtig, aus feinen Wurzelzweigen gehen erft die Hauftorien hervor, welche die Wurzel der Nährpflanze befiedeln. Die Nährpflanze ift einjährig oder perennirend. Der blüthentragende und grün beblätterte Theil des Parafiten ift einjährig: Thesium, Rhinanthus.

XXXIII. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

Wie vorher. Der blüthentragende Theil ift einjährig. Die Blätter find rudimentär und bleich oder mit braunen oder violetten Pigmenten verfehen: Lathræa, Orobanche.

8. Defensivwaffen (Zweigdorne).

Die Dorne, ſoweit ſie Stammgebilde ſind, können ſelbſt der Anlage nach Axillarſproſſe ſein, welche frühzeitig verholzen, ſo bei Smilax, dem lehrreichſten Beiſpiel. Oder es ſind eingegangene Seitentriebe, welche im erſten Jahr beblättert waren. Ihr Vegetationspunkt geht nach der Blattentfaltung ein. Der Knoſpenſchluß erfolgt nicht. Das Gebilde verhärtet und ſtellt eine ſpießförmige Vertheidigungswaffe dar. Cratægus und andere Pomaceen, Fig. 222.

Bei Gleditschia und zahlreichen Papilionaceen entwickelt ſich der getheilte Dorn als ein beblättertes Zweigſyſtem mit mehreren Ordnungen, Fig. 222 *IV*. Wenn wir der Rangordnung nach dieſe Waffen ordnen, ſo erhalten wir:

XXXIV. Entwicklungscyclus der Stammpflanzen.

A) Der Vegetationspunkt eines gegebenen tragenden Aſtes oder einer Hauptaxe bildet die Hauptknoſpe, welche indeß auch aus der Niederblattregion eines Rhizomes hervorgehen kann (Anſchluß ſ. oben bei dem Cyclus XXIV, bei den Knollen und Rhizompflanzen), beginnt mit der Niederblattregion, endet mit der Laubblattregion, geht ſodann ein und wird zum Dorn. Ein lehrreiches Beiſpiel ſind die endſtändigen Stammdorne von Rhamnus cathartica;

B) der Axillarſproß eilt vor und wird zum blattloſen Dorn: Smilax;

C) ein urſprünglich verzweigtes und beblättertes Syſtem läßt in jedem Zweig, nachdem die Blätter entwickelt ſind, den Vegetationspunkt eingehen, jeder Zweig wird zum Dorn mit ruhenden Axillarknoſpen der hinfälligen Laubblätter, Fig. 222 *II*;

D) ein Theil eines ſolchen Syſtems bildet den Zweig zum Blüthenſtand aus, Fig. 222 *III* und *IV*.

Wir ſehen ſomit die Bewaffnung aus allen Zweigregionen ermöglicht und in vielen Fällen ein Voreilen der Axillarknoſpen gegenüber den laubtragenden Zweigen.

---

§ 29. Wurzel[1]).

Mit den Gefäßkryptogamen tritt die Wurzel auf und bleibt durch alle höheren Deſcendenten erhalten mit Ausnahme weniger. Vor allen lehr-

---

[1]) **Literatur: Wurzel, Knollen und Zwiebeln.**

H. v. Mohl, Einige anatomiſche und phyſiologiſche Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. 225. 33. 65. 77. 89. 313. 21. Bot. Ztg. 62. -- Dr. Th. Hartig, Ueber

reich sind Psilotum triquetrum (Lycopodiaceen), Epipogum und Corallorrhiza (Orchideen), wo die Zweige des Rhizomes ihre Function übernommen haben (Fig. 224 *I*). Vielleicht sind die Rhizomzweige des Psilotum die ersten Anlagen zu einer Umbildung von Stämmen in Wurzeln: sie gabeln sich dichotomisch und entbehren der Wurzelhaube (Fig. 130).

1. Morphotische Stellung der Wurzel.

Die Neigung, gewisse stammartige Zweige zu bilden, welche in ihrer Bildungsweise und Gliederung vom Stamme wesentlich abweichen, tritt plötzlich in den genannten Verwandtschaftskreisen als fester Charakterzug hervor, jedes Rudiment fehlt bei den Moosen. Die einzige Pflanze, welche, soweit bis jetzt bekannt, den Uebergang zwischen Stamm und Wurzel vermittelt, ist Psilotum (Lycopodiaceen).

Jeder Uebergang aus dem terminalen Verzweigungsmodus (der Charaktereigenthümlichkeit des Stammes) nach dem extremsten Zug im Verzweigungsmodus der Wurzel fehlt uns, mit Ausnahme der dichotomen Wurzel. Nirgends aber ist eine Pflanze gefunden, welche uns die leiseste Andeutung gäbe, wie sich an einem terminalen Zweigsystem einer der Zweige plötzlich nach dem Wurzelcharakter hinneigt.

Bei Psilotum könnte vielleicht der Charakter der Wurzel entwicklungsgeschichtlich festgestellt werden. Es fehlt aber bis jetzt die Kenntniß der Keimung dieser Pflanze.

Der morphotische Hauptzug der Wurzeln liegt in der Bildung der Wurzelhaube, ein auf eine einzige Segmentzelle des Scheitels zurückgeführtes Zellsystem, dessen Alter, Verhärtung, Festigkeit von Außen nach Innen abnimmt, die Haube entspricht einer partialen Rindenbildung, welche sich auf die Spitze der Wurzel beschränkt.

Die Wurzelhaube ist das erste Rudiment zu der auffälligen Bildung der Rinde der dicotylen Bäume.

---

das sog. Absterben der Haarwurzeln. 289. Bot. Ztg. 63. Ueber die Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln. 288. Bot. Ztg. 63. — Th. Irmisch, Zur Morphologie der monocotyledonischen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin 1850. G. Reimer. — Dr. Th. Hartig, Ueber Bildung und Entwicklung der sog. Knospenwurzeln. — Joseph Böhm, Physiologische Bedingungen der Bildung von Nebenwürzeln bei Stecklingen. 1867. K. K. Akad. der Wissenschaften. — J. Reinke, Zur Geschichte unserer Kenntniß vom Bau der Wurzelspitze. 661. Andeutungen über den Bau der Wurzel von Pinus Pinea. 49. Bot. Ztg. 72. — Dr. K. Prantl, Untersuch. über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln. Jul. Sachs, Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann's Verlag. Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Jul. Sachs, Arb. d. bot. Inst. in Würzburg. Leipzig 1874. Engelmann. — Dr. E. v. Janczewski, Das Spitzenwachsthum der Phanerogamenwurzeln. 113. Bot. Ztg. 74. — J. Schuch, Ist der Epheu die einzige Pflanze, welche bei uns Luftwurzeln bildet? 817. Bot. Ztg. 76.

Bezüglich der Stellung der Wurzel iſt ein Hauptzug, daß ſie aus dem Innern der Wedelbaſen wie des Stammes in der Nähe einer Fibrovaſalſpur,

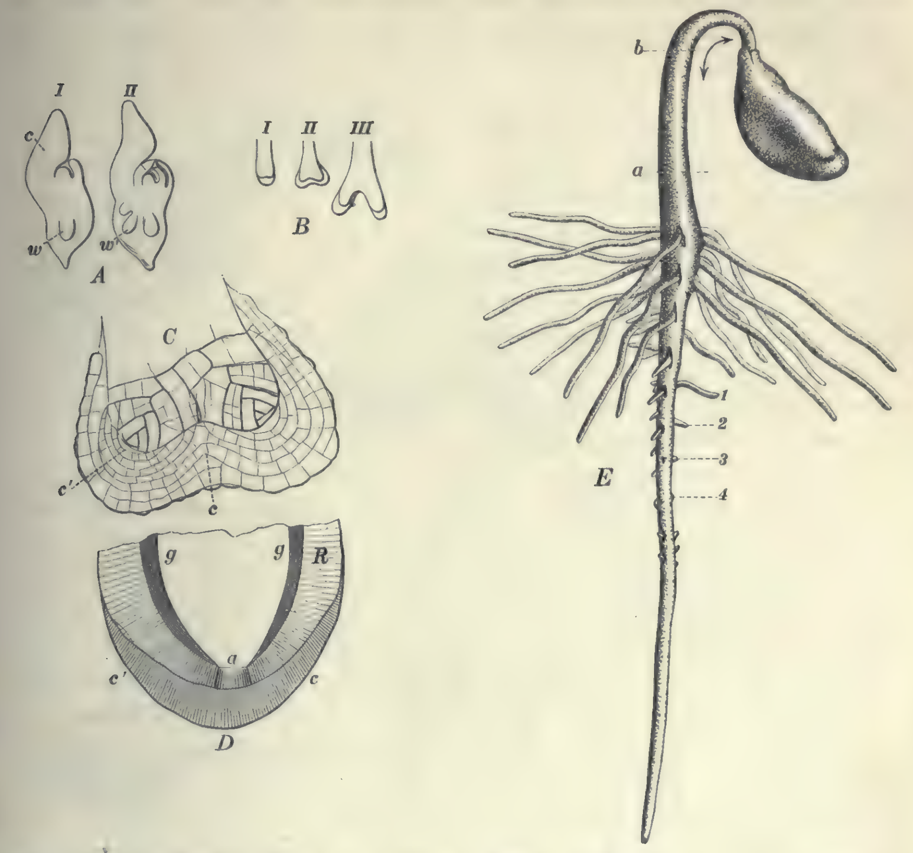


Fig. 223. *A* Keimling von Triticum, *I* mit einer, *II* mit mehreren Wurzelanlagen *w w'*. *B* drei Zuſtände der Wurzel von Selaginella hortensis, *I* vor, *II* während, *III* nach der Gabelung. *C* Gabelungsſtelle ſtärker vergrößert aus *II* in *B*, *c* Wurzelhaube für die urſprünglich unverzweigte Wurzel, *c'* dieſelbe für die beiden Gabeläſte. *D* Wurzelſpitze von Vicia Faba, ſchematiſch im Längsdurchſchnitt, *c c'* Wurzelhaube, *g g'* Gefäßbündelzone, *a* Vegetationspunkt. *E* Wurzelſyſtem einer dicotylen Pflanze, die Seitenwurzeln entſtehen in der Folge *1 2 . . .*, aber lange nachdem die Spitze in dem Orte der Verjüngung gegenwärtig iſt. (Sachs, Bot. Ztg. Jahrg. XVII.)

aber niemals aus dem Vegetationspunkte dieſer Gebilde entſpringt. Anders liegt dieß für die Keimpflanze bei den Farrenkräutern, Iſoëteen. Bei Marsilea und Pilularia läßt ſich die Initialzelle der Wurzel auf die erſten Quadrantenzellen der jungen Keimanlage zurückführen. Streng geſetzmäßig an einem beſtimmten Orte der Keimpflanze tritt die Wurzel auf bei den Equiſeten, den Coniferen und Phanerogamen.

Gegen die zufällige (adventive) unbeſtimmte Lage in der frühen Keimphaſe der embryonalen Entwicklung ſpricht auch die Entwicklungsgeſchichte der Azolla. (S. oben S. 311, man vergl. auch S. 306 ff., 316 ff.)

Die Verzweigung geschieht im Scheitel und streng dichotomisch bei Isoëtes, den Lycopodiaceen und Selaginella, Fig. 223 *B C*. Die Wurzelknospe *I* verbreitert sich unter der Wurzelhaube, welche mitwächst. Ein Durchschnitt durch die Spitze, Fig. 223 *C*, zeigt alsdann zwei nahezu gleich-



Fig. 224. *I* Rhizom von Corallorrhiza innata mit einer Inflorescenz und zahlreichen Niederblattknospen. *II* Mutter- und Tochterknolle von Orchis mascula, rechts die Mutterknolle aus dem vorigen Jahre, nach vorn die Tochterknolle, welche im laufenden Jahr zur Blüthenbildung schreitet, an dieser sitzt als kleiner Kegel die Knospe für die Enkelknolle. *III* Kleine Parthie des beblätterten Stammes von Selaginella mit einer dichotomen Wurzel, welche sich im Scheitel verzweigt (vergl. Fig. 223). *IV* Keimpflanze von Victoria regia, der Same entläßt das Rhizom, welches erst an der Einfügungsstelle der Blätter Adventivwurzeln bildet. (Prillieux, *Ann. d. sc. V. 7.*)

werthige Scheitelzellen, zwei Convolute *c'*, welche den Wurzelhauben der beiden Gabeln entsprechen. Diese sind im Beginne noch eingehüllt in die gemeinschaftliche Haube *c*, welche der ursprünglich unverzweigten Wurzel zukam. Diesen Gefäßkryptogamen fehlt jede adventive Verjüngung an der tragenden Wurzelaxe. Die beiden Wurzelgabeln weichen im Verlauf der weiteren Theilung immer weiter auseinander, sie werden zu Wurzelästen, Fig. 223 *B, I II III*, und erhalten das Ansehen des Wurzelsystems, Fig. 224 *III*.

Die Wurzelspitze aller höheren Pflanzen bleibt unverzweigt. Die Seiten-

zweige entſtehen im Innern der tragenden Wurzel an der Grenze des Fibrovaſalſyſtems und der Rinde. Die erſte Anlegung geſchieht wie bei einer endogenen Knoſpe; die Zellen des Grundgewebes der Rinde theilen ſich. Es entſteht der immer vielzellige Vegetationspunkt der Wurzelknoſpe, an welchem ſehr bald die Initialen der Wurzelhaube ausgebildet werden. Das Knöſpchen iſt nach der Innenſeite der tragenden Wurzel mit den Zuwachselementen des Fibrovaſalkörpers derſelben verwachſen und ſtreckt ſich, indem es die in ſeiner Bahn liegenden Rindenzellen verdrängt, Fig. 223 *E 4—1*. Es tritt endlich über die Oberfläche der Tragwurzel hervor, ſeine Gefäßbündel verſchmelzen mit den Gefäßbündeln der tragenden Wurzel. Die geometriſche Stellung ſolcher Adventivwurzeln iſt allein abhängig von der Lage der tragenden Wurzel und der Vertheilung der Gefäßbündel in dieſer. In der Wurzel, Fig. 223 *E*, ſtehen die Seitenwurzeln in Reihen, welche parallel den primären Gefäßbündeln in der Tragwurzel geordnet ſind.

Auch die Keimwurzeln der Monocotylen, Coniferen und Dicotylen entſtehen ſpäter als die erſten Blätter. Fig. 223 *A* zeigt einen Graskeimling *I* zur Zeit wo die erſte Keimwurzel im Innern der primären Axe angelegt wird. In *II* ſind zwei noch ſpäter entſtehende Wurzelknoſpen bei *w* verzeichnet. Bei der Streckung dieſer Wurzeln wird die primäre Axe zerriſſen. Die Monocotylen und Dicotylen unterſcheiden ſich im Allgemeinen dadurch, daß zur Keimaxe bei den letzteren eine einzige herrſchende, ſog. Pfahlwurzel oder Hauptwurzel gebildet wird, während die Monocotylen zahlreiche, zumeiſt büſchelig geſtellte Keimwurzeln anlegen. Wenn ſchon in der erſten Keimphaſe eine dieſer vorherrſcht, ſo wird ſie doch bald von den übrigen eingeholt. Die Nadelhölzer ſchließen ſich in dieſer Hinſicht an die Dicotyledonen an. An der dicotylen Keimpflanze, Fig. 223 *E*, Fig. 225 *I II*, differenzirt ſich die primäre Axe von *E* bis zu den Cotyledonen in das hypocotyle Stammglied, deſſen directe Fortſetzung die Pfahlwurzel bildet. Dieſe unterſcheiden ſich in der großen Mehrzahl der Formen im Querſchnitt in der anatomiſchen Beſchaffenheit der Fibrovaſalmaſſen.

Die Wurzelanlage fehlt in den Samen mehrerer Familien der Phanerogamen, ſo bei den Orchideen, den Nymphæaceen, den Orobancheen und Monotropeen (ſ. Entwickl. des Keimes, weiter unten).

2. Die Stamm- und Wurzelverschmelzungen.

Im Allgemeinen beſitzt der Dicotylenſtamm einen Markcylinder, welcher bei dem Uebergang in die Wurzel verſchwindet, dadurch, daß die Fibrovaſalſtrahlen in centripetaler Richtung wachſen, bis ſie im Mittelpunkt der Wurzel zuſammentreffen (vergl. Farrenkräuter, oben S. 295).

Bei dieſem Uebergang wird eine rübenartige Anſchwellung gebildet bei den Umbelliferen und Cruciferen, Fig. 225 *III IV*. Wählen wir das

nächfte Beifpiel, Raphanus z. B. Bei dem Radieschen, Fig. 225 *III*, wächft das hypocotyle Glied, indem es fich mit der Pfahlwurzel zu einem fpindeligen Rotationskörper modelt, fo, daß es zuletzt unter dem mächtigen Druck das freilich noch faftige Periderma fprengt, welches in zwei Läppchen, *p p'*, an der heranwachfenden Rübe abgefchülfert wird, Fig. 225 *IV*.

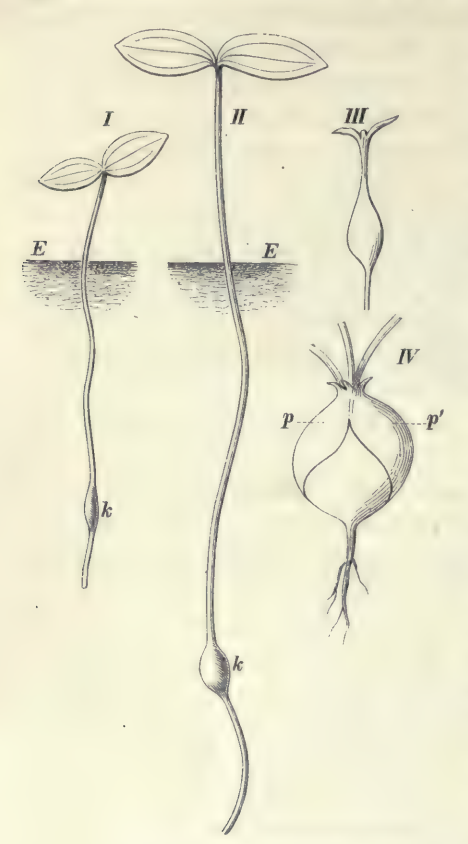


Fig. 225. *I II* Eranthis hiemalis, Keimpflanzen, *E* Niveau der Erde, bei *K* entwickelt fich die Knolle. (Irmisch, Bot. Ztg. 1860, Nr. 25.) *III IV* junge Radieschen, bei *p p'* reißt das Periderma der Rübe.

Verfchmelzungen diefer Art bilden fich auch bei der Kartoffel, welche in ihrem knolligen Theil einem Rhizom mit unterdrückter Niederblattbildung entfpricht. Andererfeits ift die Entwicklung der mit Knollrhizom perennirenden Eranthis, der Aconite (Ranunculaceen) von Intereffe, Fig. 225 *I*. Die junge Keimpflanze von Eranthis fendet die Hauptwurzel unter den Boden *E*, entwickelt die Cotyledonen und die Plumula. An der Stelle *k* bildet fich die Hauptwurzel knollenförmig aus. Die Keimpflanze über diefer Stelle geht ein. Die dauernde Verjüngung erfolgt aus der Knolle durch Adventiv- oder Niederblattknofpen (vergl. Fig. 205, 206 oben).

Aus der Wurzel perennirender Phanerogamen entfteht adventiver Stockausfchlag nicht nur bei der Mehrzahl der Laubbäume, fondern auch bei vielen krautartigen Pflanzen. Viele Unkräuter verdanken diefem Verhalten ihre rafche, von der Befamung unabhängige Vermehrung, z. B. Linaria, Epilobium. Auch für Pyrolaarten (P. uniflora) wird eine Verjüngung aus den Wurzeln angegeben.

Die Wurzel functionirt wefentlich als Nährorgan (f. Bd. I, S. 411 ff.). Sie ift eine Angriffswaffe (f. S. 389) oder ein Kletterapparat bei dem Epheu und zahlreichen tropifchen Pflanzen. Der Epheu preßt feine negativ heliotropifchen Zweige feft gegen die Stütze. An der Berührungsftelle zwifchen Zweig und Stütze bilden fich in mehreren oder einer Längsreihe bald zahlreiche Adventivwurzeln, welche die Rinde durchbrechen, gegen die fefte

Stütze wachſen, ſich dort feſtpreſſen, derart, daß ſie nur mit Aufwand merklicher Zugkraft losgeriſſen werden können.

Eine Synopsis der Wurzelentwicklung und Morphologie ergibt von den niederen nach den höheren Pflanzen dieſe Hauptzüge:

I. Die Wurzel iſt ein mit ihren Initialzellen frühzeitig auftretender Abkömmling der Gonoſphäre, beziehentlich des erſten Zellencomplexes der embryonalen Pflanze: Farrenkräuter, Marsilea, Pilularia.

II. Dieſe Primärwurzel fehlt bei Salvinia, ſie tritt erſt an den Zweigen auf bei Azolla. Bei der letzteren Pflanze iſt ſie in ihren Initialen auf die Stammſegmente zurückführbar.

III. Die Wurzel iſt ein ſpäterer Abkömmling der Gonoſphäre bei den Equiſeten, Coniferen, Phanerogamen.

IV. Die Wurzel fehlt in der erſten Keimphaſe ganz, tritt erſt bei weiterer Entwicklung auf: Orobanche, Lathræa, Monotropa, Victoria (Nymphæaceen, Fig. 224).

V. Sie fehlt für die ganze Dauer des Lebens bei Lemna arhiza und Corallorrhiza, Fig. 224 *I*.

VI. Die Wurzel der Lycopodien, Iſoëteen, Selaginella gabelt ſich in ihrem Scheitel; dieſe Eigenſchaft iſt den höheren Pflanzen verloren gegangen:

a) Adventivwurzeln entſtehen in der Rinde der Tragwurzeln und Stämme, Fig. 223 *E*, 224 *III*.

b) Adventivwurzeln entſtehen in Quirlen in den Blattachſeln, ſo namentlich der Gräſer, Palmen, Cyperaceen u. a. m.;

c) ſie entſtehen an den Knollen der Orchideen, Fig. 224 *II*, Crocus, Iris;

d) Verſchmelzungen von Wurzel und Stamm führen zu den Rüben und Mittelſtöcken der Umbelliferen, Cruciferen, Ranunculaceen, Fig. 225.

VII. Da die Auszweigungen der Wurzeln nicht direct auf den Scheitel der tragenden Wurzel zurückwirken, muß ein anatomiſcher Unterſchied im Verlauf der Fibrovaſalſtrahlen herrſchen. Die Paraſtichenreihen, welche die Stammanatomie charakteriſtiſch machen, fehlen den Wurzeln.

Bei den Phanerogamen iſt die Zwiebel an und für ſich eine Adventivknoſpe, d. h. die Anlage einer, wenn auch noch verkürzten Axe, welche fähig iſt, auszuſchlagen, neue Seitenaxen zu bilden und bis dahin meiſt in dicht übereinander gerückte Blattkreiſe eingehüllt bleibt.

Die Knolle iſt von der Zwiebel nur dadurch verſchieden, daß die Blätter ganz verſchwinden oder doch ſehr zurücktreten, die Axentheile in bedeutend überwiegendem Verhältniß zu den Blättern ſtehen.

Epilobium tetragonum bildet an der Blattbaſis adventive Sproſſe, welche am Ende zu einer Knolle anſchwellen, ſich trennen und ein neues Individuum bilden.

Tulipa silvestris bildet adventive Knofpen, welche in den Boden gefenkt werden.

Hierher gehören auch alle viviparen Gewächfe, z. B. Asplenium bulbiferum, Bryophyllum, Ornithogalum, Scilla.

Bei der Kartoffel find, wie fchon angedeutet, die Blattanlagen ganz verfchwindend. Ihre zukünftige Anlage ift im fogenannten Auge leicht mikrofkopifch nachweisbar.

Der Unterfchied zwifchen Knollen und Zwiebel ift indeß nicht fcharf zu ziehen. Bei der großen Mehrzahl der Zwiebeln find die Blätter ftengelumfaffend, bei Lilium ftehen die Blätter dachziegelig-fchuppig.

---

§ 30. Das Blatt[1]).

Die Rolle, welche das Blatt in dem Haushalte der Pflanze in phyfiologifcher Hinficht fpielt, wurde im I. Band, S. 490, abgehandelt. Ich befchränke mich daher hier auf die Entwicklungsgefchichte und Morphologie.

Zuerft wird zu unterfuchen fein: wo entfteht das Blatt in der philogenetifchen Reihe? fodann: wo entfteht es in der Kette, welche von der Gefchlechtszelle abgeleitet wurde? (S. oben S. 46, Tabelle.)

Auftreten des erften Blattgebildes.

Hier find zwei entwicklungsgefchichtliche Wege einzufchlagen:

1⁰ muß die erfte Anlage des Blattes als Defcendent des Vegetationspunktes aufgefucht, oder

---

[1]) **Literatur: Blatt und umgewandelte Blattgebilde.**

DAN. MÜLLER, Ein Verfuch zur Berichtigung der Metamorphofenlehre. 52. Bot. Ztg. 56. — Dr. M. WRETSCHKO, Zur Entwicklungsgefchichte des Umbelliferenblattes. 305. 13. Bot. Ztg. 64. — J. REINKE, Ueber die Function der Blattzähne und die morpholog. Werthigkeit einiger Laubblatt-Nectarien. 47. 59. Bot. Ztg. 74. — Dr. FERD. COHN, Ueber die Function der Blafen von Adrenandra und Utricularia. COHN, Beitr. Heft 3. S. 71. Breslau 1875. J. U. Kern. — J. REINKE, Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, befonders an den Zähnen derfelben vorkommenden Secretionsorgane. PR. Jahrb. Bd. X. S. 119. — P. MAGNUS, Einige Bemerk. zu dem Auffatz des Hrn. J. BORODIN, Ueber den Bau der Blattfpitze einiger Wafferpflanzen. 478. S. ASCHERSOHN. Bot. Ztg. 71. — A. FAMINTZIN, Ueber die Entwickl. der Blattfpreite von Phaseolus multiflorus. 508. Bot. Ztg. 75. — J. BORODIN, Ueber den Bau der Blattfpitze einiger Wafferpflanzen. 841. Bot. Ztg. 70. — Dr. A. ENGLER, Ueber epidermoïdale Schlauchzellen, beobachtet bei den Saxifragen der Sect. Cymbalaria, GRISEB. 886. Bot. Ztg. 71. — A. FAMINTZIN, Zweiter Beitrag zur Keimblattbildung im Pflanzenreiche. 540. Bot. Ztg. 76. — HOFMEISTER, Allgemeine Morphologie. EICHLER, Blüthendiagramme. — PAYER, *Organogénie de la fleur.*

2⁰ es muß dasselbe als Descendent von der Keimkugel aufgesucht werden.

In beiden Wegen wird man die Descendenzreihe der Zelltheilungen von der Ausgangszelle aufsuchen.

Der erste Weg muß für die Moose unter allen Umständen, der zweite Weg für die Gefäßkryptogamen und Phanerogamen eingeschlagen werden.

Bei den Moosen (Entwicklungsreihe: Keimzelle im Archegonium, Sporenkapsel, Spore — Spore, Protonema, beblätterte Pflanze mit einzelligem Vegetationspunkt) ist das Blatt in seiner ersten Anlage ein sehr naher Descendent der Scheitelzelle, Fig. 113. Das jüngste sichtbare Blattgebilde tritt schon nach der zweiten bis dritten Theilung des Segmentes *a b c* als Warze über die Kegelfläche der Stammspitze. Die Entwicklungsreihe in der Fläche des Blattes erhellt aus der Fig. 116, S. 210.

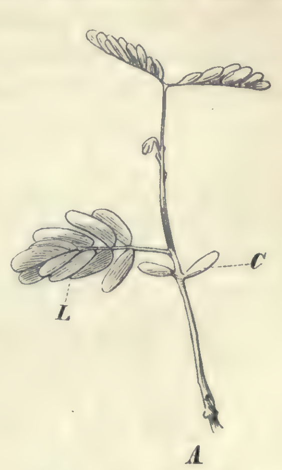


Fig. 226. Acacia Melanoxylon. *A* Keimpflanze, *C* Cotyledonen, *L* Laubblätter in der Tag-, oben zwei Blätter in der Nachtstellung (vergl. Bd. I, S. 286).

In der Querschnittsansicht, Fig. 114, treten die Insertionsflächen der Blätter als ähnliche ungleichseitige Dreiecke oder als parallelepipedischer Abschnitt der sphärischen Scheitelfläche *t* hervor. Das Segment selbst theilt sich in der ersten Anlage in einen Stamm- und einen Blatttheil. Der Stammtheil ist der Ascendent für alle Haargebilde (und in der weiteren Entwicklung dieser der Antheridien und Archegonien). Das Blatt der Moose selbst entbehrt durchaus alle metamorphe Verjüngung. Es bringt höchstens bei den Jungermannien Brutzellen durch Abschnürung und Theilung vegetativer Zellen der Blattfläche hervor.

Bei einem Ueberblick von den Moosen rückwärts nach den Florideen, Delesserien, Characeen bis zu den Caulerpen stellt sich, soweit die Entwicklungsgeschichte reicht, kein Anschluß, weder in histologischer, noch in morphotischer Hinsicht, heraus. Man hat die gefiederten Auszweigungen der Caulerpen, die Seitenzweige der Charen Blätter genannt, vielleicht ohne damit andeuten zu wollen, daß in allen diesen Gebilden ein philogenetischer Zusammenhang bestehen soll. In Wirklichkeit sind die Begriffe Caulom (Stammgebilde), Phyllom (Blattgebilde), Trichom (Haargebilde) aus der Morphologie und Systematik der Phanerogamen entlehnt. Bis jetzt fehlt aber selbst eine vergleichende, die Histologie berücksichtigende Entwicklungsgeschichte für die höheren Blattpflanzen von den Moosen nach den Gefäßkryptogamen und Phanerogamen. Die Rangfolge am Vegetations-

punkt, welche von Hofmeister als maßgebend angegeben wurde, ist durch mehrere Entwicklungsgeschichten bei den Phanerogamen widerlegt. Soviel ist klar, daß von den Moosen nach den Charen für die Auszweigungen, welche Blätter genannt werden, ein morphotischer Anschluß nicht besteht. Eine geringe morphotische Aehnlichkeit kann zwischen den Moosen (Trichocoleen) und einigen Florideen gefunden werden. Ziemlich schroff und unvermittelt aber erscheint der Uebergang nach den Gefäßkryptogamen, während derselbe von letzteren nach den Phanerogamen einigermaßen vermittelt erscheint durch die Blätter einiger Coniferen (Cycadeen).

1. Keimphase der Wurzelpflanzen.

In der Keimphase functionirt das Blatt in aufsteigender Linie bis zu den Gymnospermen sofort als Laubblatt, und es entwickelt sich, wie oben S. 291 ff. gezeigt wurde, als naher Descendent der ursprünglichen Eizelle unmittelbar nach der Befruchtung, so bei den Gefäßkryptogamen, wo der Altersunterschied zwischen der ersten Wurzel und dem ersten Blatt verschwindend klein ist.

Bei allen Coniferen kommen die Keimblätter als grüne laubblattähnliche Gebilde zur vollen Entfaltung. Bei der Welwitschia ist selbst die Pflanze für viele Jahrzehnte auf die ausdauernden riesenhaften Cotyledonen angewiesen. Erst bei den Phanerogamen sinken einerseits die Cotyledonen der Form nach ganz herab (Orchideen), oder sie werden gar nicht entfaltet (Quercus, Pisum), verharren als Reservebehälter bis zur Erschöpfung des Vorrathes der in ihnen angehäuften Nährkörper in den Samenschalen, oder sie bilden sich laubblattartig aus und functioniren als Assimilatoren. In einem und demselben Verwandtschaftskreise selbst kommen beide Arten der Function vor, so z. B. Quercus und Fagus, Pisum und Phaseolus u. a. m. (s. oben S. 340, Fig. 190).

Es wurde oben schon bei der Besprechung der Wurzel darauf aufmerksam gemacht, daß der Keimling nicht bei allen Pflanzen ausgebildet wird, häufig nur aus einer Zellenwarze besteht, an welcher die Organe nicht differenzirt erscheinen, so verhalten sich auch in Bezug auf die Keimblätter die Orchideen, Monotropeen, Orobanche, Lathræa und Nymphæaceen. Das Fehlschlagen eines Keimblattes ist beobachtet bei manchen Arten aus Dicotylengattungen, welche Knollen oder Knollrhizome bilden, z. B. Carum bulbocastum, bei den knollentragenden Corydalis-, Aconitumarten u. a. m. Bei den Aconiten kann gezeigt werden, daß beide Keimblätter der Anlage nach vorhanden waren, daß erst bei der Keimung das eine fehlschlägt, verkümmert. Besonders auffällig hierbei ist, daß die nicht knollenbildenden Arten derselben Dicotylengattungen die beiden Keimblätter ausbilden. Dieß ist eine Compensation in der Entwicklung.

2. Entwicklung des Laubblattes.

Alle Blattgebilde entſproſſen als kleine Warzen am Vegetationspunkt, welche ſich mehr oder weniger verbreitern, denſelben umfaſſen, einhüllen.

Schon ſehr frühzeitig differenziren ſich das Fibrovaſalſyſtem und die Auszweigungen der Blattfläche. Betrachten wir zunächſt die äußere Form.



Fig. 227. Aralia spinosa, früher Entwicklungszuſtand des Laubblattes. Die Fieder der erſten Ordnung ſind in der Reihenfolge *I II III* entſtanden, an dieſen folgen wiederum die Seitenblättchen in der Richtung *a b c*. Drei Hauptnerven ſind gebildet, der mediane iſt ungetheilt, die beiden ſeitlichen haben ſich bereits gegabelt. (Nach Nägeli und Cramer, Pflanzenphyſ. Unterſ. I. Heft. Zürich 1855.)

Die große Mehrzahl der Blätter bildet ihre ſeitlichen Zweige, Zähne, Lappen, Fieder, in akropetaler Folge, ſo daß der untere Fieder der ältere, der obere der jüngere iſt. Zuerſt differenzirt ſich das Nebenblatt, Fig. 227, ſodann die Fieder der erſten Ordnung, hierauf die der zweiten u. ſ. f.

In dem Maße, wie dieſe Differenzirung fortſchreitet, entwickeln ſich die Nerven; ſo iſt *h*, der Hauptnerv, Fig. 227, bereits bis in die Nähe des apicalen Zipfels fortgeſchritten, die zwei Gabeläſte der lateralen Bündel, Fig. 227, folgen demnächſt. Das reichſtgegliederte Blatt von Fœniculum enthält alle ſeine Glieder ſchon angelegt, während es nur 2—3 mm groß iſt. In dem ausgewachſenen Zuſtande kann es 1—2 Fuß groß ſein.

Bei den Rofaceen wird diefelbe Entwicklungsfolge eingehalten. Es kommt aber hier zu einer früheren Streckung der Fieder im entgegengefetzten Sinne der Anlegung: die oberen Blattfieder ftrecken fich früher als die unteren.

Die Entwicklung der gefiederten Leguminofenblätter ift ähnlich wie diejenige der gefiederten Umbelliferen.

In ganz anderer Weife entwickeln fich die Blätter der Araliaceen und Jug-



Fig. 228. Fœniculum officinale. Zwei Laubblätter f^1 und f^2 noch im Knofpenzuftande. Man unterfcheidet an dem f^1 fchon die in akropetaler Folge entftandenen Fiederblättchen bis zur dritten Ordnung. Das Blatt f^2 ift von der Blattbafis des Petiolus eingefchloffen (nach Payer).

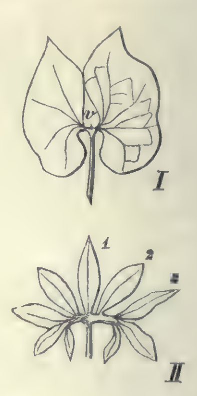


Fig. 229. Blätter, welche in centrifugaler (fympodialer) Weife fich entwickelten. *I* von Zygophyllum, der Vegetationshügel *v* des Blattes bleibt rudimentär, die beiden Fiederblättchen entwickelten fich flächenförmig, das Blatt wird zweitheilig. *II* Helleborus, die Folge der Blattabfchnitte geht von *1* nach *2* und *3*, alfo von dem Scheitel nach der Bafis.

landeen. Hier entwickeln fich zwar an dem Blattende feitliche Abzweigungen, aber die unteren entftehen fpäter als die oberen mit der allmäligen Längsentwicklung des Blattes. Bei den doppelt gefiederten Blättern können natürlich an den Abzweigungen erfter Ordnung diefelben feitlichen Abzweigungen zweiter Ordnung auftreten, wie fie für das Hauptblatt zuerft entftunden, und die Entftehungsfolge ift dann ebenfalls eine akropetale.

Bei Lathyrus aphaca ift die unterfte Abzweigung des Nebenblatts die bedeutende, während gegen oben keine blattartige Abzweigung ftattfindet, dagegen wird dort die Ranke ausgebildet.

Der Endzipfel des Blattes entfaltet fich zuerft, und es fchreitet die Anlegung in der Richtung *1 2 3* .... fort, Fig. 229 *II*, bei den Helleboreen.

Der Endzipfel geht ein zu einem winzigen Zipfelchen, und es entfalten fich zunächft dichotomifch die beiden Seitenzipfel, Fig. 229 *I*, bei Jeffersonia und Zygophyllum.

Diefe Entwicklungsfolge wurde die centrifugale genannt, fie entfpricht

der ſympodialen Zweigbildung der Ulme, Linde und zahlreicher Blüthenſtände, welche die cymöſen Infloreſcenzen genannt wurden.

Abnorme Bildungen am Blatte ſind taſchenförmige Auswüchſe aus der Spitze, Fig. 230, welche an den Blättern der Laubbäume unſerer Zone gelegentlich bei den Nepentheen als geſetzmäßige Metamorphoſen vorkommen.



Fig. 230. *I* eine kleine Blattparthie, eines der Fiederblättchen hat ſeinen Mittelnerv zu einer Granne ausgebildet, an deren Ende eine tütenförmige Wucherung gebildet iſt. Dieſelbe iſt in *II* ſtärker vergrößert.

An jedem Axengebilde ſind die unteren Blätter ſchwächer in der Form und Gliederung, die mittleren und oberen ſtärker, reicher in der Gliederung. Die oberſten ſinken wieder in die Niederblattregion herab, jeder Zweig erreicht ſomit ein Maximum der Entfaltung gegenüber zwei Minimis, von welchen eines dem Beginne, eines dem Schluſſe der Evolution zukommt.

Hemmungen in der Blattfläche, Fig. 231, ſind überaus häufig, wenige Beiſpiele mögen hier genügen. Die Innenſeiten der Blättchen α α', Fig. 231, ſind verkümmert, bezogen auf ihre Außenſeiten. Das Blättchen α in *V*,

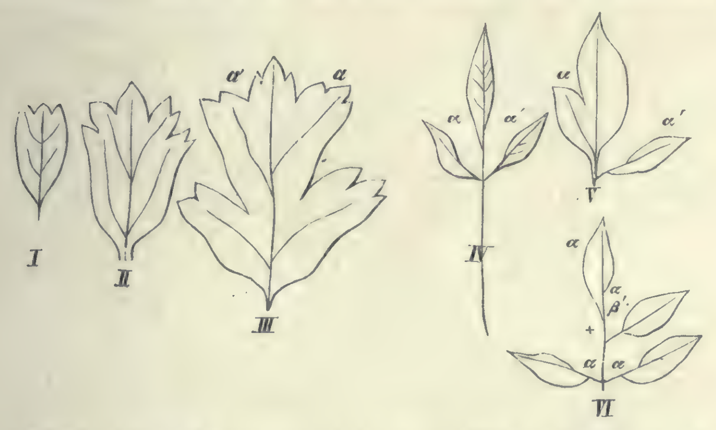


Fig. 231. *I II III* Entwicklungsreihe von unten nach oben an einem Zweig von Cratægus oxyacantha. *IV V VI* Blätter von Sambucus nigra. *IV* zeigt die Fieder außen mehr gefördert als innen. In *V* iſt ein Fieder mit dem Endblatt verwachſen. In *VI* iſt im unteren Paare die Anordnung wie in *IV*, im oberen Paar iſt ein Blatt bei + fehlgeſchlagen, an dieſer Seite iſt das Hauptblatt mehr gefördert als an der entgegengeſetzten.

Fig. 231, beeinflußt das Endblatt an der ihm zugewandten Seite, die andere nicht beeinflußte Seite iſt gefördert. In *V* iſt die linke Seite verſchmolzen mit dem oberen Blättchen, die rechte Seite iſt getrennt. In *VI* iſt ein Blatt im oberen Wirtel fehlgeſchlagen. Andere wechſelſeitige Beeinfluſſungen laſſen ſich zu jeder Zeit draußen auffinden.

Zur Morphologie des Laubblattes beachten wir, daß daſſelbe ſtreng geſetzmäßig für einige Verwandtſchaftskreiſe zwei Nebenblätter, Fig. 233, 234, anlegt, welche in der Knoſpenentwicklung meiſt etwas gegenüber dem

Hauptblatt voreilen, so bei den Betulineen, Salicineen, Cupuliferen. Dieselben werden mit der Knospenentfaltung hinfällig, bergen aber meist Axillarsprosse von geringer Größe. Diese Nebenblattknospen ruhen in der Regel und werden gelegentlich geweckt, wenn das Baumsystem, durch Bruch oder Beschneidung beeinflußt, einen Theil seiner normalen Zweige verliert; so entstehen die Wasserreiser. Die Nebenblätter fehlen bei vielen Decussirten. Die Nebenblätter werden laubartig ausgebildet bei manchen Papilionaceen, bei einigen Formen, z. B. Lathyrus aphaca, übernehmen sie vollständig die Function des Hauptblattes, während dieses zur Offensivwaffe (Ranke) umgebildet wird. Die Nebenblattgebilde verwachsen mehr oder weniger vollständig bei Liriodendron, Platanus und bei den Polygoneen.

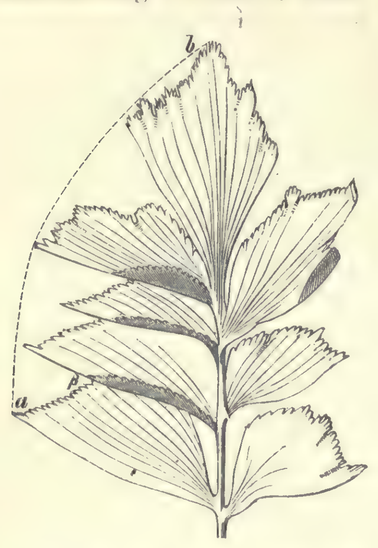


Fig. 232. Blatt von Caryota. Das ausgewachsene Blatt, *a b* der ursprüngliche Blattrand, β eine der Stellen, welche aus dem ursprünglich ganzrandigen Blatte durch Resorption verschwunden sind.

3. Resorption der Blattfläche.

Während des Ueberganges aus dem Knospen- nach dem ausgewachsenen Zustand vollziehen sich bei den Blättern der Aroideen, bei Uvirandra fenestralis, Monstera, Arum, bei den Palmen Caryota, Chamærops u. a. m. Resorptionen, durch welche das Blatt fensterförmige Durchbrechungen erhält oder in Fieder und mehr oder weniger unregelmäßige Lappen zerreißt. Bei allen Palmen entsteht die gefiederte Form oder die fächerige Theilung der Blattfläche in dieser Weise. Bei Chamærops zerspalten sich die Fieder noch, nachdem das Blatt seine endliche Ausdehnung erreicht hat. Fig. 232 zeigt ein solches gefiedertes Blatt, welches ursprünglich ganzrandig war.

Form des Laubblattes.

Das Laubblatt zeigt die größte Mannigfaltigkeit der Form. Die beschreibende Botanik unterscheidet ganzrandige Blätter von den gezahnten, gelappten, getheilten, gefingerten, gefiederten. Zunächst je nach dem längeren oder kürzeren Blattstiel wird das Blatt gestielt oder sitzend genannt. Die äußeren Umrisse ganzrandiger Blätter können in dieser Reihe geordnet werden, die Bezeichnungen bedürfen meist mit wenigen Ausnahmen keiner weiteren Definition: Das Blatt ist linear, beide Ränder parallel, z. B. Gramineen, Cyperaceen, Irideen; lanzettlich, die beiden Ränder convergiren nach der

Spitze; pfeilförmig, herzförmig, in allen dieſen Formen iſt die obere Endigung zugeſpitzt. Das Blatt iſt verkehrt eiförmig, wenn die herzförmige Einbuchtung (hier iſt die Form des Herz im Kartenſpiel gemeint) im Scheitel der Blattfläche, die Spitze dieſer Form in dem Blattſtiel verläuft. Die Blattfläche wird elliptiſch, eiförmig und verkehrt eiförmig genannt, in der erſteren Form iſt die breitere Seite der Eiform die Baſis, im letzteren Fall die Spitze des Blattes. Das Blatt wird kreisrund und überſchreitet ſelbſt in der Querrichtung den Längendurchmeſſer. Alle dieſe Blattumriſſe können nun noch gezahnt (ſpitzwinkliger Einſchnitt) oder gekerbt (bogenliniger Einſchnitt) ſein. Der Zahn iſt urſprünglich eine kleine Abzweigung des Blattes, welche in dem Maaß wie das Flächenwachsthum erfolgt, mehr und mehr nach der Peripherie verſchoben wird. Die Zähne entſtehen wie die Fiederläppchen in akropetaler Folge (Fig. 227, 228). Das Blatt wird gelappt, wenn die Einſchnitte über 1/3 in die Blattfläche eingreifen, getheilt, wenn die Einſchnitte bis zur Baſis oder deren Nähe fortſchreiten. Man unterſcheidet die finger- oder handförmige Theilung von der fiederlappigen oder fiedertheiligen Geſtaltung. In der letzteren werden durch das nachträgliche Wachsthum die Seitenzweiglein (man vergl. Fig. 228) übereinandergereihet, in der handförmigen Geſtalt bleiben die Interfolien geſtaucht. Der Anlage nach ſind beide Formen im Knoſpenzuſtand identiſch. Das Blatt verzweigt ſich mit mehreren Ordnungen. Es wird einfach, doppelt, dreifach u. ſ. f. gefiedert, gefingert, gelappt, im gleichen Sinne doppelt gezähnt, doppelt gekerbt. Verbreitert ſich die Blattfläche über die Einfügung in den Blattſtiel, ſo wird das Blatt ſchildförmig.



Fig. 233. Populus angulata, Querſchnitt der Blattknoſpe im Winter. Die Laubblätter ſind von der Mediane beiderſeits eingerollt. Die zugehörigen Nebenblätter ſind ſchraffirt.

Wird zur Zeit, wo die Differenzirung zwiſchen Lamina und Blattſtiel (Petiolus) eintritt, die Richtung der Verbreitung im Winkel zum Blattſtiel eingeleitet, ſo entſteht die Kappenform des Blattes (Sporn bei Aconitum, Delphinium). Es beruht dieß in einer Steigerung der Wachsthumsrichtung.

In der weitaus großen Mehrzahl der Pflanzen iſt das Laubblatt nach beiden Seiten von der Blatthauptrippe gleich ſtark entwickelt. Einſeitige Förderung führt bei den Ulmen und Celtis, bei Begonia zu aſymmetriſchen Blattflächen. Bei Ulmus ſtehen die Blätter nach 1/2, ſtets iſt die Innenſeite die geförderte.

Die einſeitige Förderung der Stipulargebilde wurde von Hofmeister zuerſt beachtet, ſie kommt an geneigten Zweigen vor, ſo namentlich bei Ulmus, Celtis, Begonia.

4. Knospenlage.

Die Lage der Axillarfproffe ift felbftredend abhängig von der Blattftellung. Wir unterfcheiden mit Berückfichtigung der Evolution diefe Typen:

Erfter Typus. Die Entwicklungsfolge ift ftreng cyclifch. Der Axillarfproß des Blattes kommt in den feltenften Fällen zur Evolution (Abietineen, Juniperineen, Taxineen).

Zweiter Typus. Die Entwicklungsfolge ift ftreng cyclifch nach $^1/_2$. Der Axillarfproß kommt ftetig zur Evolution:

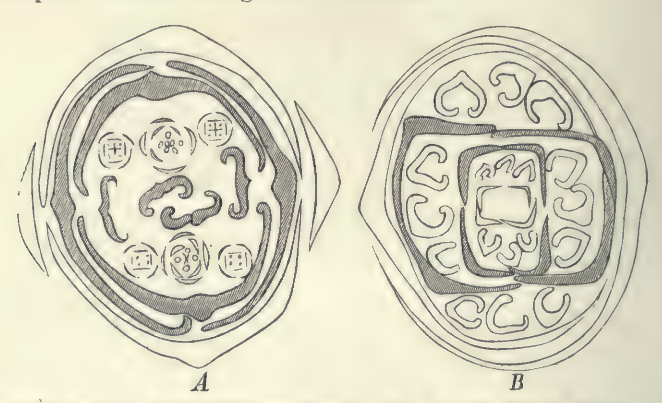


Fig. 234. Staphylea trifoliata. *A* Querfchnitt einer Knofpe, welche in dem tieferen Theil cymöfe Blüthenftände trägt. Das Syftem beginnt außen von einem Blattwirtel, deffen Mediane von rechts nach links gerichtet ift. Hierauf folgt ein zweiter Wirtel, welcher zu dem erften gekreuzt fteht. Es folgen noch zwei in der Figur fchraffirte Wirtelquerfchnitte, zu den Blättern des inneren gehören die je drei Blüthen. Hierauf folgen zwei Laubblattwirtel, welche in ihrer natürlichen verfchränkten Knofpenlage dargeftellt find. *B* vegetative Blattknofpe. Sie beginnt mit zwei Nebenblättern, welche faft die Knofpe umfaffen, hierauf folgen die Wirtel der Laubblätter. Jedes Blatt hat die drei Blättchen bereits differenzirt. Die Nebenblätter der inneren Blätter find fchraffirt dargeftellt.

a) die Endknofpe bleibt, Froft und zufällige Erfchöpfung abgerechnet, dominirend (Fagus, Carpinus; bei Carpinus und Morus häufiges Eingehen des terminalen Zweigftückes);

b) die Endknofpe wird alljährlich in dem kritifchften Moment (Mitte bis Ende Mai) von einer der Seitenknofpen abgelöft (Tilia, Ulmus).

Dritter Typus. Entwicklungsfolge geht nach $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$ u. f. w. Der Axillarfproß kommt ftetig zur Entfaltung [Alnus ($^1/_3$); Quercus ($^2/_5$); Castanea ($^1/_2$ und $^2/_5$); Betula ($^3/_8$ und $^5/_{13}$); Salix ($^3/_8$ und $^5/_{13}$); Populus ($^3/_8$ und $^5/_{13}$); Pomaceen ($^2/_5$ und $^5/_{13}$)].

Vierter Typus. Entwicklungsfolge ftreng decuffirt mit 2- bis 3-gliedrigen Wirteln. Acer, Fraxinus, Aesculus.

Die Knofpenlagen der entwickelten Blätter bei unferen Waldbäumen find die folgenden:

1° die Blätter find eben, nicht gerollt und nicht gefaltet:

a) in der Richtung der herrfchenden Paraftichen abgeplattet, Picea und Abies, Fig. 197;

b) die Geſtalt des Querſchnittes eines Blattes iſt durch die Anzahl der in einem Kurztrieb vereinigten Blätter bedingt, Pinus, Fig. 197 *I*;

2⁰ die Blätter ſind eben, nicht gerollt und nicht gefaltet um den Vegetationskegel gewickelt, Salix;

3⁰ die Blätter beherrſchen mit ihrer Bauchſeite den Knoſpenkegel und ſind links und rechts von der Mediane gefaltet, Alnus, Betula und Fagus, Fig. 238;

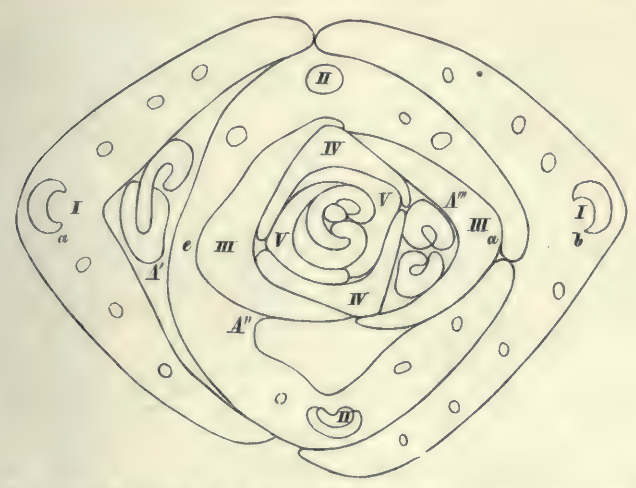


Fig. 235. Dianthus plumarius. Querſchnitt der Knoſpe mit einſeitiger Förderung der Axillarſproſſe. Im Wirtel *I I* hat *I a* den Sproß gefördert, *I b* nicht, ebenſo in *II*, in *III* u. ſ. f. Die geförderten Sproſſe ſtehen in einer von links nach rechts laufenden Schraube mit der Divergenz ¹/₄. *II* bei *e* ſind die Laubblätter verwachſen.

4⁰ die Blätter ſind in der Mediane gefaltet:

a) nach der Divergenz ¹/₂:

α) die Vertheilung der Stipulae iſt eine ſymmetriſche, ſo daß je eine Stipula die ihr zugekehrte Blatthälfte deckt oder berührt, Castanea, Corylus, Ulmus (ſ. Hofmeister, Allgem. Morphologie, S. 523);

β) die Stipulae ſind aſymmetriſch vertheilt, ſo daß eine der Rückenſeite des Blattes anliegt, die andere den jeweilig inneren Knoſpenkegel einhüllt, Tilia;

b) nach der Divergenz ²/₅ u. ³/₈, Quercus;

5⁰ die Blätter ſind einwärts gerollt, Populus, Fig. 233;

6⁰ die Blätter ſind auswärts gerollt, Platanus.

Die decuſſirte Knoſpe von Dianthus, Fig. 235, zeigt einen eigenthümlichen Zug in Hinſicht der Förderung der Axillarſproſſe. Dieſe ſind in unſerem Diagramm nur in je einem Blatte des zweigliedrigen Wirtels deutlich entfaltet, während ſie in dem gegenſtändigen zurückgeblieben ſind. Es folgen ſich demgemäß die Knoſpen *A' A'' A'''* nach der Divergenz ¹/₄.

Die Blätter der Laub- und Blüthenknoſpen der Staphylea trifoliata,

die wir hier gewählt haben, ordnen ſich in dem engen Raume durchaus regelmäßig, ſo daß jeder Ort zum vortheilhafteſten ausgenutzt erſcheint, Fig 234.

In allen dichtgedrängten Knoſpen der einjährigen Pflanzen (Fig. 236, Elsholzia z. B.), entſtehen die erſten Blattgebilde in der Axillarknoſpe nach links und rechts von der Mediane des tragenden Blattes, als den Orten, wo der Raum zunächſt am raſcheſten disponibel wird.



Fig. 236. Elsholzia. Querſchnitt der Laubknoſpe mit ſechs Blättern. *v* der Vegetationshügel des Hauptſproſſes, *a* derjenige der Axillarſproſſe, die erſten Blättchen der Axillarſproſſe ſind ſchraffirt dargeſtellt. In jedem der Laubblätter *1—6* ſind die Gefäßbündel als Punkte dargeſtellt.



Fig. 237. Acacia Melanoxylon. Flächenförmig verbreiterter Blattſtiel mit zwei Fiederblättchen.

Die Differenzirung des Blattſtieles geſchieht zuletzt, auch die Streckung desſelben vollzieht ſich erſt bei der definitiven Entfaltung aus der Knoſpe. In der Knoſpenanlage unterſcheiden die Morphologen dieſe Anordnungen:

In der Præfoliatio plicativa iſt das Blatt gefaltet wie an einer Faltenkrauſe. Bei vielen Monocotylen, Gräſern, Liliaceen und Irideen bleibt die Kielkante der Faltung noch im ausgewachſenen Zuſtande kenntlich.

Die Præfoliatio induplicativa zeigt das Blatt in mehrere Krauſen gefaltet. Zahlreiche Laubbäume, Quercus, Fagus, Corylus, Alnus u. ſ. f.

Bei der Præfoliatio imbricativa decken ſich die Blätter mit den Rändern.

Mit Bezug auf die Rollung der Blattfläche iſt zu unterſcheiden die involutive Knoſpenlage. Das Blatt iſt nach der Oberſeite eingerollt. Die revolutive zeigt das umgekehrte Verhältniß, die Rollung geht nach der Rückenſeite.

Stengelumfaſſende Blattbaſen, wie ſie vorzugsweiſe den Palmen, Gräſern, Cyperaceen, Irideen zukommen, bewirken eine Verbreiterung des Knoſpenkegels. Scheidenartige Wucherungen der Nebenblätter kommen bei den Polygoneen, Umbelliferen, Gramineen vor und ſind in der Syſtematik eingehender zu beſprechen.

5. Das Abfallen der Laubblätter

wird für die große Mehrzahl der in der gemäßigten Zone wachſenden perennirenden Pflanzen (Bäume, Sträucher) lange vor dem Bruche des Blattſtieles vorbereitet durch eine im Innern der Gewebe entſtehende Korkplatte oder eine Gewebeart mit tafelförmigen Zellen, welche den Blattſtiel quer durchſetzt (ſ. Fig. 376, S. 378, Bd. I). Die Bauchfläche liegt in der

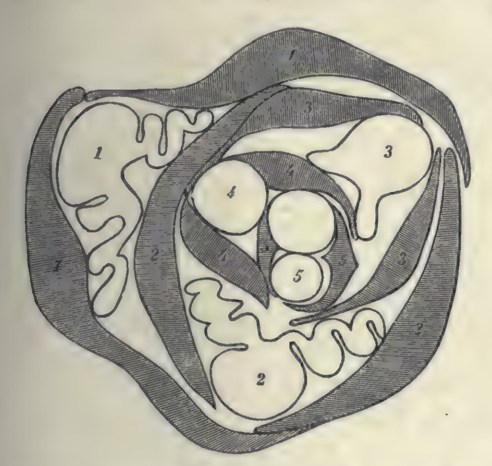


Fig. 238. Alnus glutinosa. Querſchnitt der Knoſpe im Winter. *1 2 3 4 5* in den weiß gelaſſenen Figuren die Laubblätter. Zu jedem Blatt gehören zwei Stipulae, deren Querſchnitte ſchraffirt und mit denſelben Zahlen belegt ſind, welche den Laubblättern gegeben wurden.

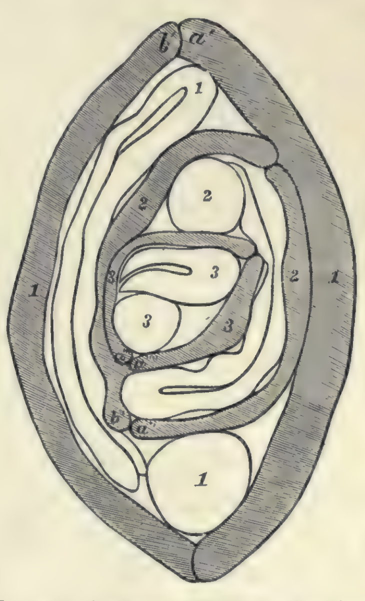


Fig. 239. Liriodendron tulipifera. Querſchnitt der Laubknoſpe im Winter. Drei Laubblätter ſind in ihrer Knoſpenlage in den weißen Flächen verzeichnet, die zugehörigen Nebenblätter ſind ſchraffirt. Zu einem Laubblatt gehört der kreisförmige Querſchnitt des Blattſtiels *1* z. B. und die einfach gefaltete Lamina *1*, deren Mediane gegenüber liegt.

Cylinderfläche des Stammes, oder es bleibt ein kurzer Stumpf der Blattbaſis ſtehen (Cydonia und andere Pomaceen, Rubus idæus). Anthericum zeigt eine vorgeſchriebene Bruchſtelle am Blüthenſtiele. Zahlreiche Corollen brechen glatt ab, ſo namentlich die Sympetalae, die hohle Axe (der ſogenannte Kelch) der Amygdaleen u. a. m.

6. Winterzustand der Laubknospen und Zweige[1]).

Die in den kälteren Climaten einheimiſchen Bäume und Sträucher ſchützen die überwinternde Knoſpe durch ſchuppenartige Niederblätter. Dieſes Schutzmittel iſt indeß nicht gleichartig über alle Einwohner vertheilt. Vollſtändig nackte Knoſpen finden ſich noch in den höchſten Verwandtſchaftskreiſen. Viburnum Lantana, Rhamnus frangula.

Die Knoſpe iſt eingehüllt in eine kleine Kappe von Kork bei Phila-

[1]) Willkomm, Deutſchlands Laubbäume im Winterzuſtand.

delphus. Die Anzahl der Niederblätter ift bei den Weiden zwei. Diefe verwachfen zur einfchaligen Hülle. Bei den Ahornen werden vier Niederblätter, bei den Fraxinus zahlreiche Wirtel angelegt.

Die empfindlicheren Laubblätter find bei vielen Bäumen gefchützt durch die Nebenblätter.

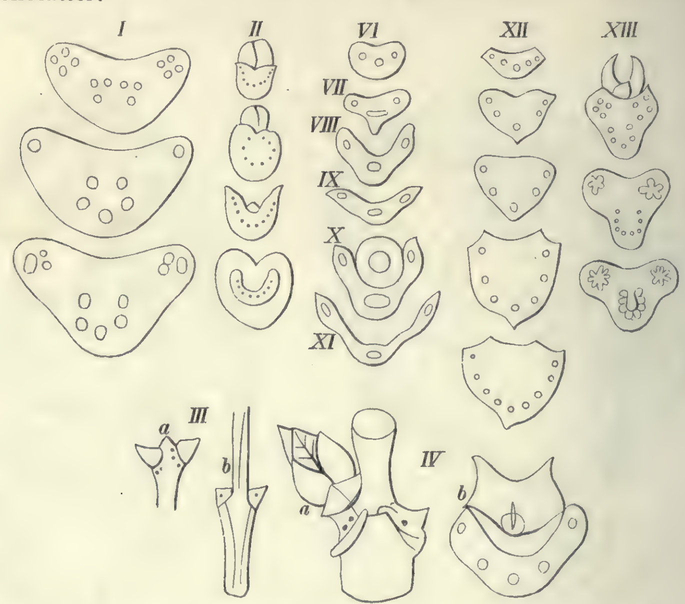


Fig. 240. Blattnarben der Laubbäume (z. Th. nach Willkomm). *I* Eiche, in der Mediane ein Kreis von Gefäßbündeln, in den Seitenkanten der Narbe ein oder mehrere folcher. *II* Efche, ein Halbkreis von Gefäßbündeln in verfchiedenem Zuftande der gegenfeitigen Verfchmelzung. *III* Philadelphus, zwei Winterendknofpen entfprechen den oberften Blattachfelknofpen, da der Haupttrieb *a* im vergangenen Sommer durch Blüthenbildung einging. Die Knofpe entbehrt der Hüllfchuppen, fie war in der Blattbafis eingefchloffen, jetzt ift fie von einem Hautgewebe (oder Kork?) bedeckt. *IV* Sambucus, *a* Axillarfproß, *b* Blattnarbe mit einem medianen und zwei feitlichen Gefäßbündeln. *VI* Blattnarbe von Rhamnus frangula, drei Gefäßbündel. *VII* Berberis, ebenfo. *VIII* Salix Caprea. *IX* S. aurita. *X* S. fragilis. In diefer Reihe entfprechen die beiden feitlichen Gefäßbündel den Nebenblättchen, das mediane dem Hauptblattftiel. *XI* Rosa canina, wie vorher. *XII* Reihe von verfchiedenen Blattnarben von Aesculus hippocastanum, die Gefäßbündel ftehen zu fünf, ein medianes, je zwei feitliche; zu fieben, ein medianes, je drei feitliche; zu neun, ein medianes, je vier feitliche. *XIII* Juglans regia, drei im Kreis geordnete Gruppen von Gefäßbündeln.

Die Narbenfläche des Blattes befitzt außer der mehr oder weniger formbeftändigen Geftalt eine charakteriftifche Structur durch die Querfchnitte der Gefäßbündel. Die Zahl diefer Gruppen ift eins bei Daphne, Hippophaë, Spiræa salicifolia.

Die Gefäßfpuren find in der Anzahl von drei, Salix, Populus u. a. m., von fünf, Alnus, von fieben, Aesculus.

Die Gefäßfpuren ftehen in 2—3 Kreifen mit einem cambialen Ring, Quercus, Juglans.

7. Verwachsungen.

Bei den in der Knofpenlage vielfach zufammengefalteten Blättern der Blüthenpflanzen kommt es während der Entwicklung zu eigenthümlichen

Verwachſungen, wie ſie die Fig. 242 nach TREVIRANUS darſtellt. Die Falte, welche ſonſt bei der normalen Entfaltung ausgeglättet wird, bleibt erhalten, und es bilden ſich ihre Ränder zu eigenthümlichen Wucherungen um, ſo bei Aristolochia und der Nicotiana tabacum als gelegentlich vorkommende Monſtroſitäten.

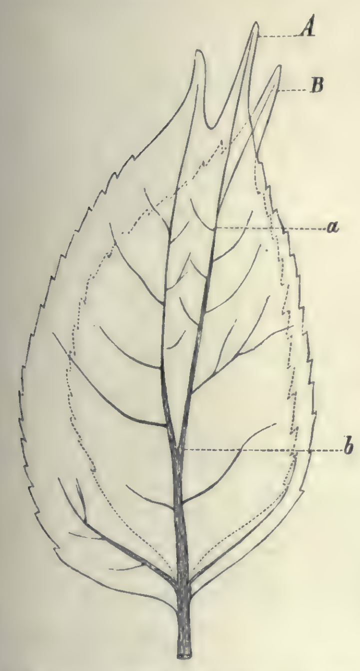


FIG. 241. Helianthus tuberosus. Monſtröſe Verwachſung dreier Blätter, von der Blattbaſis bis *b* ſind die Hauptrippen mit einander verwachſen, von jetzt ab gabelt ſich die Rippe nach zwei Blattſpitzen, das dritte durch punktirte Linien angedeutete Blatt liegt hinter der Ebene der Figur.

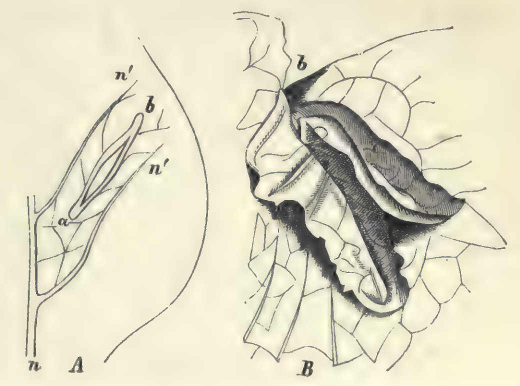


FIG. 242. Blattfalten im Tabaksblatt, welche ſich in der Entwicklung nicht ausgeglichen haben, im ausgewachſenen als Krauſen erhalten blieben.

8. Form durch die Lage beeinflusst.

In der Blüthe der Geraniaceen und Roſaceen herrſcht die $^2/_5$-Stellung für die Kelchblätter. Die Blätter *1* und *2* ſind, wie man ſagt, deckend, *3* dagegen iſt halbbedeckt, *4* und *5* ſind ganz bedeckt. In der Form ſtellt ſich hier ein mit der Lage ganz genau übereinſtimmender Unterſchied heraus. *1* und *2* ſind nämlich beiderſeits mit breiten Hautflügeln verſehen, *3* iſt nach der freieren Seite, nach *5* zu nur einſeitig beflügelt. *4* und *5* entbehren der Flügel vollſtändig, Fig. 243.

Ganz ähnlich, aber viel eleganter iſt der Kelch der Roſen beſchaffen. Die Stellung nach $^2/_5$ gibt den Blättern *1* und *2* beiderſeits Fiederblättchen, *3* iſt nach der einen Seite allein, *4* und *5* ſind gar nicht gefiedert.

Die Ungleichheit in der Förderung, welche namentlich in der nach einer photographiſchen Pauſe hergeſtellten Fig. 245 ſo deutlich in die Augen ſpringt, wäre nicht als Folge der gegenſeitigen Deckung verſtändlich, wenn nicht der Trieb, welcher zur Blüthe umgebildet wird, ſich bereits geſtreckt

1) TREVIRANUS, Bemerkungen über monſtröſe Entwicklung der Blätter von Aristolochia macrophylla.

hätte, ſo daß er von den tiefer liegenden Laubblättern nicht mehr beeinflußt wird.

In dem frühen Entwicklungszuſtand, alſo zur Zeit der Anlegung, waren die fünf Blättchen des Kelches, abgeſehen von dem in dem ungleichen Alter begründeten Größenunterſchied, geſtaltlich gleichwerthig. Mit dem Heranwachſen der Roſenknoſpe erlangen die zwei äußeren, welche, wie bekannt, ſeitlich nicht bedeckt ſind, den größern Spielraum gegenüber dem halbbedeckten (3) und den beiden vollſtändig gedeckten (4 und 5) innern Blättchen (vergl. Fig. 243 und 244 mit 245). In der letztgenannten Figur iſt die Deckung für die $^2/_5$-Stellung ein Diagramm, auch für die Roſe gültig.

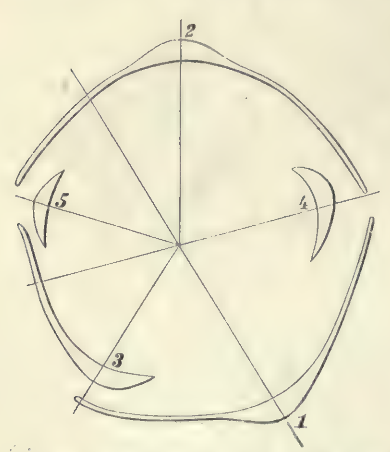


Fig. 243. Geranium pratense. Diagramm des Kelches. Die Blätter desſelben ſtehen nach $^2/_5$; in den Radien, bei welchen die Zahlen ſtehen, liegen die Medianen der Blätter; die beiden äußeren, *1 2*, welche vollſtändig frei ſind, haben nach links und rechts von der Mediane Flügel gebildet, das Blatt *3*, welches nach einer Seite von *1* gedeckt wird, hat den Flügel nur nach der freien, nicht bedeckten Seite entwickelt; *4* und *5*, welche nach beiden Seiten bedeckt ſind, haben keine Flügel.

9. Anatomie des Laubblattes.

Nach den früheren Auseinanderſetzungen (S. 271 und S. 309 ff., Bd. I d. Handbuchs) treten von dem Gefäßbündelſyſtem des Stammes mehrere Stränge (in ſeltenen Fällen ein Strang) in den Blattſtiel und verzweigen ſich in der Blattfläche. Dieſes Maſchenſyſtem bildet die N e r v a t u r des Blattes.

Die Hauptzüge in der Vertheilung ſind dieſe:

1° die Nerven treten in der großen Mehrzahl der Fälle auf der morphotiſchen Unterſeite ſtärker hervor als auf der Oberſeite. Bei den Coniferen ſind die Nerven ganz und allſeitig gleichmäßig von dem Blattgewebe eingeſchloſſen;

2° die Epidermis der Oberſeite iſt in der Mehrzahl der Fälle ärmer an Spaltöffnungen als die Unterſeite. Bei zahlreichen Monocotylen finden ſich Stomata parallel dem Hauptnerv auch auf der Oberſeite;

3° auch für die Behaarung gilt dasſelbe. Die Unterſeite iſt reicher behaart als die Oberſeite;

4° die chlorophyllführenden Zellen aber liegen bei dem typiſchen Laubblatt der beleuchteten Oberſeite näher als der Unterſeite. Dadurch wird das Laubblatt auch im anatomiſchen Sinne vom Stamme verſchieden.

Die Nerven bilden ſich in dem Maaße, wie das Blatt ſich von der Ausdehnung von wenigen Millimetern auf die definitive Größe von mehreren Centimetern ſtreckt, allmälig weiter. Sie verzweigen ſich in ſympodia-

ler Weiſe. Dieß iſt wohl der ſeltnere Modus, Fig. 246 bei Ceratopteris thalictroïdes. Hier entſteht im jugendlichen Zuſtand, *I* der Figur, zuerſt ein medianer Nerv, welcher ſich gabelt, *II*. Von nun ab entſpringen die nächſten Nerven als Seitenzweige auf der Innenſeite der Gabeläſte durch mehrere Ordnungen, endlich ſchließen die Nervenzweiglein der 4.—5. Ordnung maſchenartig zuſammen. Die weitaus häufigere Modalität iſt die dem



Fig. 244. Kelch der Centifolie nach 2/5 Divergenz. *1 2* beiderſeits, *3* nur auf einer Seite, *4 5* gar nicht gefiedert (nach einem Photogramm). Vergl. Fig. 243.

Blattwuchſe entſprechende akropetale Folge der Nerven (vergl. Fig. 227). In dem Maaße wie das Blatt ſich in die einzelnen Glieder von der Baſis nach der Spitze differenzirt, ſchreitet auch die Nervenbildung vor. Und es iſt wenigſtens für einige Zeit, nämlich bis die höheren Nervenzweige ſich bilden, möglich, die auf einander folgenden Ordnungen abzuzählen, bis endlich durch die Maſchenbildung die Anordnung bei der 6.—8. Ordnung verwiſcht wird (vergl. Fig. 247 mit 227):

a) die niederen Ordnungen der Nervenauszweigung ſind überhaupt nicht verzweigt (Coniferen). Die Juniperineen, Taxineen, Abietienen: Pinus, Larix, Cedrus, Picea, Abies beſitzen überhaupt nur eine mediane, in die Strangſcheide eingeſchloſſene Mittelrippe. Dieſe kann aus zwei Stammſpuren im gegebenen Falle ſich zuſammenſetzen;

b) die niederen Ordnungen verfchmelzen nicht oder wenig, ift zu fagen felten, fie laufen parallel. Viele Monocotylen, Gramineen, Cyperaceen u. a. m.;



FIG. 245. Kelch der Moosrofe nach 2/5, die Blätter *1* und *2* find beiderfeits mit reichlich gefiederten Auswüchfen, an welchen Secretionsbehälter fitzen, verfehen; *3* und *4* find allmälig fchwächer, *5* gar nicht gefiedert.

c) die niederen Ordnungen der Nervenzweige werden durch fpitzwinklige Querverbindungen in ein Mafchenwerk vereinigt: Farrenkräuter;

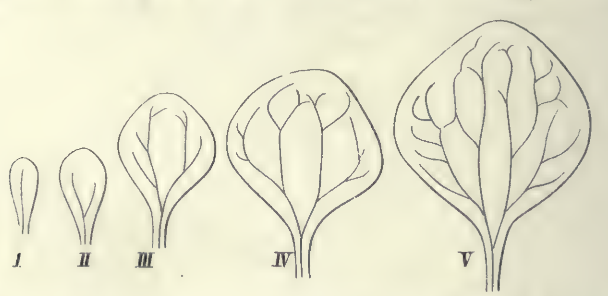


FIG. 246. Ceratopteris thalictroïdes (nach KNY). Zur Entwicklung der Blattnervatur. Von *I* nach *V* eine Entwicklungsreihe. In *I* ift der Nerv ungetheilt, in *II* ift er gabelig getheilt, er gibt in *III* von jedem Gabelaft einen Zweig nach der Mediane zu ab, in *IV* die weitere Verzweigung, in *V* nahe am ausgewachfenen Zuftande des Blattes find die Zweige bereits mafchenartig verbunden.

d) die niederen Ordnungen ftehen in akropetaler Folge reihenweife alternirend oder gegenftändig, Fig. 247;

e) die niederen Ordnungen ſchließen gegenſeitig bogenlinig an, *III* Fig. 247 (vergl. die Figurenerklärung);

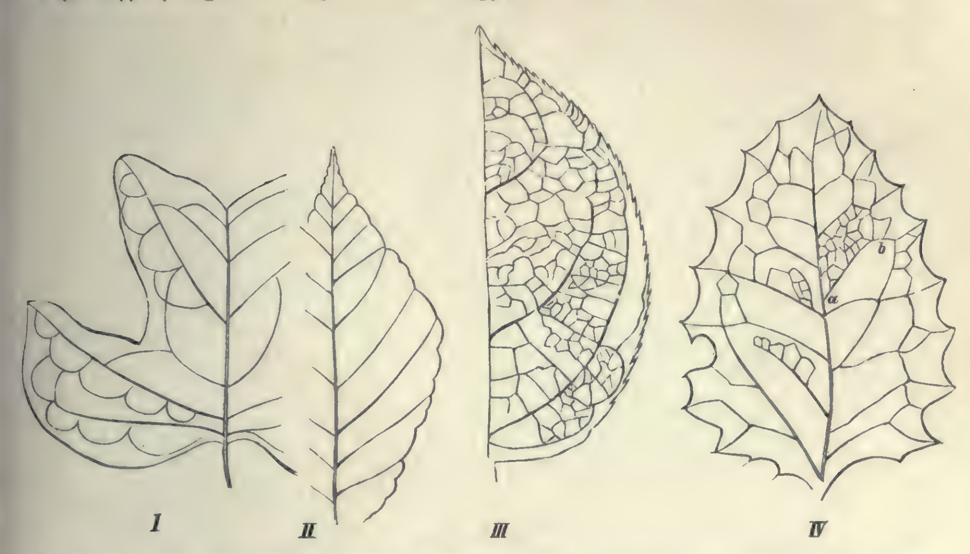


Fig. 247. Nervatur verſchiedener Blätter nach photogr. Pauſen. *I* Liriodendron. *II* Carica, Theil des Blattes. *III* Maclura. *IV* Berberis Mahonia, Blatt, alle nach Photogrammen. In *I* geht der Nerv der zweiten Ordnung genau in die Spitzen der Blattpflanzen, die Nerven der dritten, z. Th. aber auch die Nerven der zweiten, ſetzen ſich bogenlinig an die der vorhergehenden Ordnung an. In *II* verlaufen die Nerven der zweiten Ordnung nach den Zahnintervallen. *III* bei Maclura verlaufen die Nerven erſter Ordnung im Bogen, ohne direct in die Zähne einzumünden und ſind durch zahlreiche Nerven höherer Ordnung in ein Maſchennetz verbunden. *IV* zeigt den bogenlinigen Anſchluß der zweiten Ordnung, aus dem Scheitel der Bogen tritt ein Nervenzweig in den Zahn des Blattes.

f) die höheren Ordnungen ſchließen im Allgemeinen maſchenförmig ſo zuſammen, daß die einzelnen Ordnungen nicht mehr abgezählt werden können. Nur die letzten Auszweigungen (vergl. Fig. 248) münden blind in dem Meſophyll des Blattes als Bündel von Tracheïden, welche zuletzt nur aus wenigen, meiſt durchbrochenen und für tropfbares Waſſer wegſamen Zellen beſtehen (vergl. Fig. 427, S. 463, Bd. I d. Handbuchs).

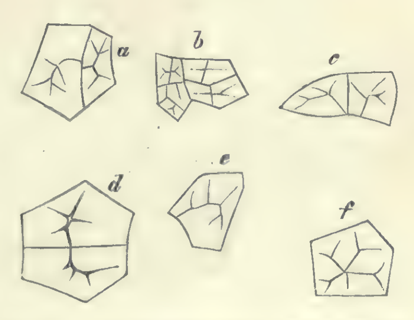


Fig. 248. Letzte Maſchenverzweigungen aus dem Laubblatt verſchiedener Bäume. *a* Maclura tricuspidata, dichotomiſche und dendritiſche Auszweigung. *b* Acer platanoïdes, von der letzten Maſchenwand gehen dichotome blindendigende Zweiglein. *c* Kerria japonica, ſympodiale Zweiglein mit blinder Endigung. *d* Maclura aurantiaca, wie vorher. *e* Azalea viscosa. *f* Lyonia, dichotomiſche Zweiglein blind endigend.

10. Farbe und Glanz

hängen ab von der Glätte der Cuticula, von der Anzahl der Spaltöffnungen und Intercellularräume und der Behaarung. Die ſilberglänzende Unterſeite rührt bei mangelnder Behaarung von der Reflexion des Lichtes an

luftführenden Gängen her. Die Oberseite ist intensiver grün als die Unterseite, weil die Chlorophyllschicht zumeist nur von einer einzigen Zellenlage der Epidermis bedeckt ist. Stets erscheinen bei durchfallendem Lichte die chlorophyllführenden Parthien dunkler gegenüber den chlorophylllosen Nerven. Hierauf beruht es, daß mit Leichtigkeit eine photographische Pause des Umrisses und der Nervatur der Laubblätter erhalten werden kann, wenn dieselben, auf Chlorsilberpapier gelegt, dem Sonnenlicht exponirt werden. Bei durchfallendem Lichte erscheinen die Secretionsbehälter im Mesophyll bei den Hypericineen, Rutaceen als lichte Punkte (vergl. weiter unten: Drüsen).

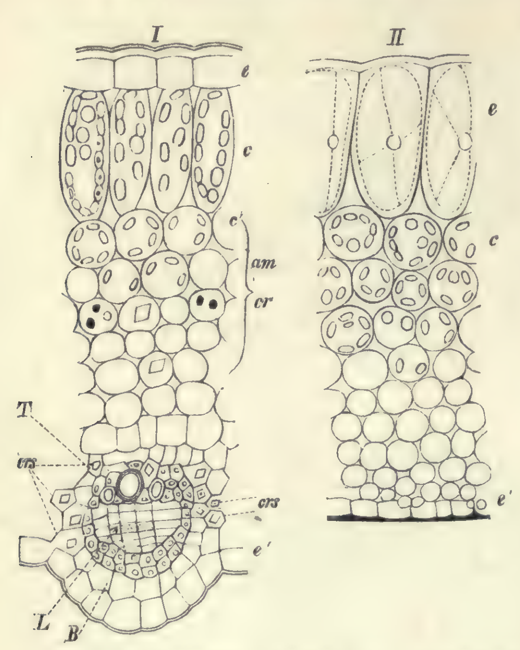


Fig. 249. *I* halbschematischer Querschnitt eines Dicotylenblattes an dem Orte, wo eine letzte Nervenendigung *L B* durchschnitten wurde, *e* Epidermis der Oberseite, *e'* diejenige der Unterseite, *c* das chlorophyllreiche sog. Pallisadenparenchym, *am cr* das Parenchym, welches reich an Intercellularen, weniger Chlorophyll, aber Amylum und Krystalle führt, *crs* krystallführende Zellen, welche in Ketten geordnet sind, die parallel dem Gefäßbündel verlaufen, *T* Tracheen, *L* Leitgewebe, *B* Basttheil des Gefäßbündels. *II* Querschnitt des Blattes von Cypripedium elegans, *e* die pallisadenförmig gestaltete chlorophylllose Epidermis der Oberseite, *c* das Chlorophyllparenchym, *c'* die Epidermis der Unterseite.

11. Gewebeschichten.

Es sind drei nicht immer charakteristische Gewebe zu unterscheiden:

1⁰ Epidermis der Ober- und Unterseite;

2⁰ Mesophyll, welches aus Chlorophyllpallisadenparenchym besteht, der Oberseite und das lockere isodiametrische Gewebe der Unterseite. Diese unterscheiden sich in dem Gehalt an Chlorophyllkörpern. In der Regel sind die Zellen der Oberseite reicher, Fig. 249 *c*;

3⁰ das Gewebe der Nervatur, in welchem die Elemente des Bastes, Holzes, der Cambiform, Leitzellen und Milchröhren vorkommen und auffällige, parallel dem Nerven geordnete Krystallzellen (Krystallschläuche).

Der Basttheil des Gefäßbündels erscheint bei der großen Mehrzahl der Dicotylenblätter nach der Unterseite, der Holz-(Xylem-)theil nach der Oberseite orientirt. Anders liegt dieß bei den Monocotylen, wo die Bastzellen eine selbständige, von dem Xylemtheil unabhängige Lage besitzen (vergl. Bd. I d. Handbuchs, S. 318 ff.).

12. Drüsen.

Bei durchfallendem Lichte erſcheinen die Blätter der Hypericineen, Rutaceen, Diosmeen u. a. m. wie durchlöchert. An beſtimmten Orten entſtehen im Innern des Meſophylls ſphäriſche Secretionsbehälter, deren Secret ein Tropfen ſtark lichtbrechender Harze oder Eſſenzen iſt.

An dem Orte, wo eine ſolche Drüſe befindlich, theilt ſich die Epidermis durch tangentiale Wände ſo, daß die Tochterzellen, welche nach innen abgeſchieden werden, an der Drüſenbildung ſich betheiligen, Fig. 250; auch die Zellen des Blattgewebes theilen ſich. In den Zellen der Drüſe häuft ſich das Secret. Die Zellen werden zum Theil reſorbirt, der Geſammtraum der Drüſe wird mit dem Secret erfüllt. Die kalkſecernirenden Drüſen der Saxyfrageen gehören ebenfalls hieher (vergl. Bd. I, S. 411).

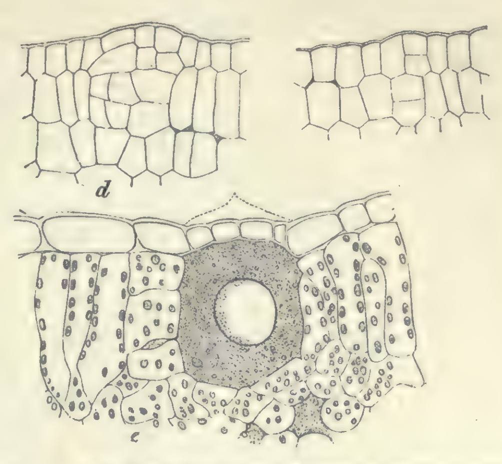


Fig. 250. Die Drüſen im Innern des Blattes von Dictamnus fraxinella, Querſchnitte jüngerer und älterer Blättchen. Nahe der Oberſeite theilt ſich die Epidermis über der Drüſenanlage, welche urſprünglich aus einer oder wenigen Zellen beſteht. In dieſen geht ebenfalls eine periphere Theilung vor ſich. In den Zellen ſammelt ſich die Eſſenz. Die Zellen der Drüſe werden reſorbirt. (Nach Rauter, Trichomgebilde, Wien, Staatsdruckerei 1871.)

13. Metamorphose des Blattes [1]).

Die Blattanlage trägt in ſich die Keime zu einer Reihe von metamorphen Gebilden, welche für die gegebene Art mehr oder weniger geſetzmäßig, oft als ein ganz geſetzmäßiger Charakter- oder Habituszug zur Auslöſung gelangen, ſo daß die Gebilde: Ranke, Dorn, Schwimmblaſe u. ſ. f. geſetzmäßig an beſtimmten Orten des Blattes entſtehen. Es ſind hier aber auch die Functionen der Blätter an einer und derſelben Pflanze als form-

[1]) Gœthe, ſämmtliche Werke in 40 Bänden. Cotta 1840. Bd. XXXVI. S. 17 ff. S. 162 ff. — A. Braun, Betrachtungen über die Verjüngung in der Natur. — Cossmann, Gœthe, ein Mitbegründer der Deſcendenzlehre. Heidelberger Jahrb. d. naturhiſtor. Vereins. 1876. — L. C. Treviranus, Hat Pinguicula vulgaris L. zwei Cotyledonen? Ueber die Schläuche der Utricularia. Bot. Ztg. 48. — Göppert, Ueber metamorphoſirte Mohnköpfe. Bot. Ztg. 50. — Th. Hartig, Ueber die Bildung der Knoſpendeckblätter von Salix und Magnolia durch Spaltungsflächen. Bot. Ztg. 55. — Reinsch, Ueber den Bau und die Entwicklung der Blätter und Schläuche von Utricularia vulgaris, L. — Andrey Beketoff, Ueber die morphologiſchen Verhältniſſe der Blatttheile zu einander und zum Stengel.

bedingend in's Auge zu fassen. Die Gestalt und die Gliederung paßten sich an jeder Pflanze den Bedingungen der Existenz an, wie solche gerade zur Zeit der Entwicklung oder Thätigkeit solcher Organe äußerlich herrschend waren, Fig. 253.



Fig. 251. Smilax medica, Blattabdruck. Zwei Seitenblättchen sind in Ranken umgewandelt $r\,r'$. Das Gesammtblatt functionirt in seinem oberen Theil als Nährapparat, in dem unteren als Offensivwaffe.

In diesem Sinne hat sich das Blatt als Keim-, Nieder-, Laub-, Hochblatt und endlich in der Blüthe zu dem feinsten organischen Proceß der Begattung angepaßt.

a) Offensivwaffen.

Entstehen aus den Blattfiedern der Smilaceen, Papilionaceen u. a. m. Es werden bei Smilax aspera von drei Blättchen in dem zusammengesetzten Blatt zwei, *a a'*, Fig. 252, zu Ranken umgebildet.



Fig. 252. *A* Pisum sativum, das Laubblatt, an dem unteren Theil zwei normale Fieder, *c c'* die Nebenblätter, *f f'* die Laubfieder, das Endblatt und die oberen Fieder sind in Blattranken umgebildet. *B* Bignonia (spec. Kewgarden nach Darwin), das gefiederte Blatt hat die unteren Fieder blattartig, die oberen zu Ranken umgebildet. *C* Smilax aspera, *b* das Endblatt flächenartig, die Seitenfieder dagegen in Ranken umgebildet (nach Darwin).

Bei Pisum, Fig. 252 *A*, beſitzt das Blatt zwei laubblattartige Stipulae, ein Paar Fiederblättchen, welche blattartig ausgebildet ſind, eine aus dem umgewandelten Ende und zwei Seitenblättchen hervorgegangene Ranke.

Ganz ähnlich verhält ſich eine Bignonia, Fig. 252 *B*. Hier ſehen wir alſo an einem Organ, wie es zu zwei Arbeitsleiſtungen benutzt wird:



Fig. 253. *A* junges Blatt von Clematis viticella (Darwin, S. 42). *B* Clematis glandulosa, mit zwei jungen zwei Zweige umfaſſenden Blättern, die umfaſſenden Stellen ſind verdickt (Darwin, S. 37). *C* Corydalis claviculata, Blattranken, natürliche Größe.

ein Theil des Blattes wird zum aſſimilatoriſchen Apparat *f f'*, Fig. 252 *A*, ein zweiter Theil zu reizbaren und ſchlingenden Offenſivwaffen umgebildet, deren Leiſtung im mechaniſchen Sinne mindeſtens ebenſo verwickelt iſt, wie diejenige der Blattfläche im chemiſchen Sinne. Bei einigen Lathyrusarten (aphaca z. B.) werden alle Blattfieder zu Ranken umgebildet, das Seitenblatt tritt allein für die Aufgabe der Aſſimilation ein.

Noch merkwürdiger als in dieſen Ranken tritt die Arbeitstheilung zwiſchen zwei Theilen desſelben Organes auf bei Clematis glandulosa, Fig. 253. Dort iſt der Blattſtiel befähigt, feſte Stützen, wie den Stamm, zu umſchlingen, während die Blattfläche ſich zu dem Lichte orientiert.

In gleichem Sinne verhält ſich Solanum jasminoïdes, Fig. 254. Hier erfährt der in dieſem Sinne thätige Blattſtiel eine Umwandlung in der

anatomifchen Structur, welche als directe Folge feines Verhaltens der Stütze gegenüber angefehen werden muß. Das nicht fchlingende normale Blatt befitzt drei mediane und zwei feitliche Gefäßbündel, Fig. 254 *B*. Das fchlingende Blatt bildet die drei feitlichen zu einem Kranz von Bündeln um, fo daß ein Structurverhältniß entfteht, welches faft identifch ift mit der Anatomie des Stammes, Fig. 254 *C*.

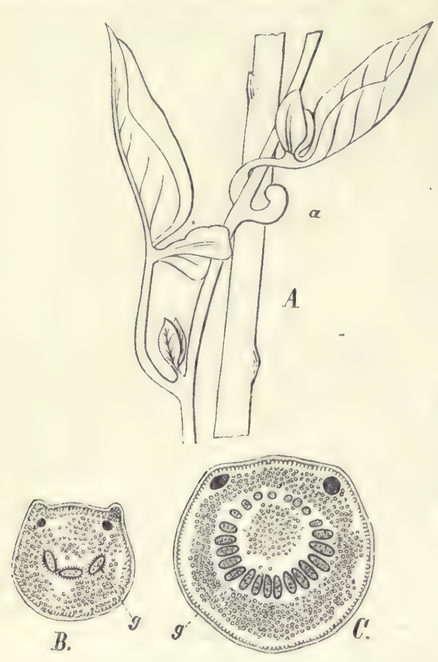


Fig. 254. Solanum jasminoïdes (nach Darwin). *A* das eine Blatt hat eine Stütze mit feinem Blattftiel umklammert, der Stiel entfpringt an der rechten Seite des Stengels, geht vorn um die Stütze, biegt hinter der Stütze nach links und geht in die wieder nach rechts liegende Lamina über. *B* Querfchnitt durch einen nicht windenden Blattftiel, derfelbe enthält drei mediane Gefäßbündel *g* und zwei feitliche, welche in der Nähe der beiden Kanten liegen. *C* Querfchnitt des Blattftieles, welcher vor der endlichen Ausbildung die Stütze *A* umfchlungen hatte. Der Querfchnitt zeigt jetzt ftatt der drei medianen Gefäßbündel eine größere Anzahl, welche in einen Kreis geordnet erfcheinen, ähnlich wie im Stamm.

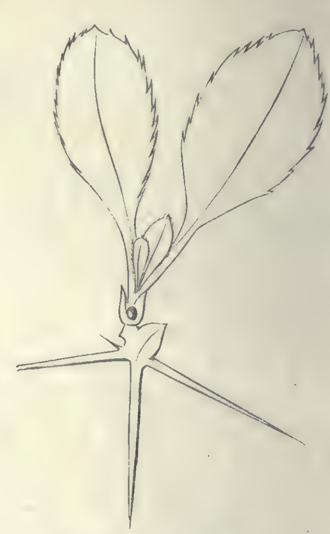


Fig. 255. Berberis vulgaris. Dreitheiliges Laubblatt, welches fich in einen dreitheiligen Dorn umgebildet hat, die Axillarknofpe desfelben ift vorgeeilt und beblättert.

b) Defenfivwaffen.

Die dreitheiligen Dorne der Berberis find urfprünglich zarte gedrehte Vorblättchen der Knofpe. Mit der Entwicklung der Axe, Fig. 255, wachfen fie zu ftarren, dreifpitzigen Dornen heran, welche als furchtbare Waffen die Pflanze in einem Defenfivkriege fchützen.

Bei den Cacteen verfchwindet die Blattregion vollftändig und wird erfetzt durch Haare. Viele Blätter bewaffnen fich mit Stacheln, welche aus den Blattzähnen gebildet werden.

c) Schwimmblätter.

Auffällige Unterfchiede in der Entwicklung der Blattflächen amphibifcher Pflanzen wurden von Askenasy beobachtet. Die Landpflanze, *A*,

von Ranunculus aquatilis bildet zungenförmige, die unter Waſſer cultivirte Pflanze ganz ſchmal lineare Blätter, Fig. 256 *B*.

d) Schwimmblaſen.

Die Schwimmblaſen, Schläuche der Utricularia ſind Auszweigungen der letzten Ordnungen an blattähnlichen Zweiggebilden; ſie ſtehen auf der Innenſeite der Fieder, Fig. 257 *A B*.



Fig. 256. Ranunculus aquatilis. *A* die Pflanze auf dem Lande gezüchtet. *B* die Pflanze unter Waſſer gezüchtet. (Nach Askenasy.) In der erſteren Pflanze ſind die Fieder verbreitert und in kleinerer Anzahl. In der letzteren ſind ſie ſchmal lineal und in größerer Anzahl.

Ihre Entwicklungsgeſchichte zeigt, daß wir es hier mit metamorphen Stämmen zu thun haben. Jede Blaſe ſetzt ſich zuſammen aus zwei Zweigſproſſen, Fig. 258 *p s*, welche zuſammenwachſend einen ſphäriſchen Hohlkörper einſchließen.

An der Utricularia werden außer den Blüthentrieben mehrere Sproſſungen unterſchieden, welche in ihrer Entwicklung zum Theil außerordentlich von den gewöhnlichen vegetativen Sproſſungen abweichen. Eine dieſer iſt der Schlauch, Fig. 258. Im jugendlichen Zuſtande iſt derſelbe ähnlich den rankenartigen Sproſſungen an derſelben Pflanze. Der Vegetationspunkt *b* krümmt ſich ſchon im jugendlichen Zuſtande. Er legt mehrere ſeitliche Blättchen an, die in der Fig. 258 weggeſchnitten ſind; dieſe überwachſen

den Vegetationspunkt. Außer diefen entfpringt in der Mediane (dieß ift die Ebene der Zeichnung der Fig. 258) noch ein Vegetationspunkt, *s*. Diefer krümmt fich gegen *p*, die Tragaxe, und verwächft mit derfelben. Diefe beiden Sproffe, fammt den feitlichen an *p* ftehenden Blättern, fetzen den

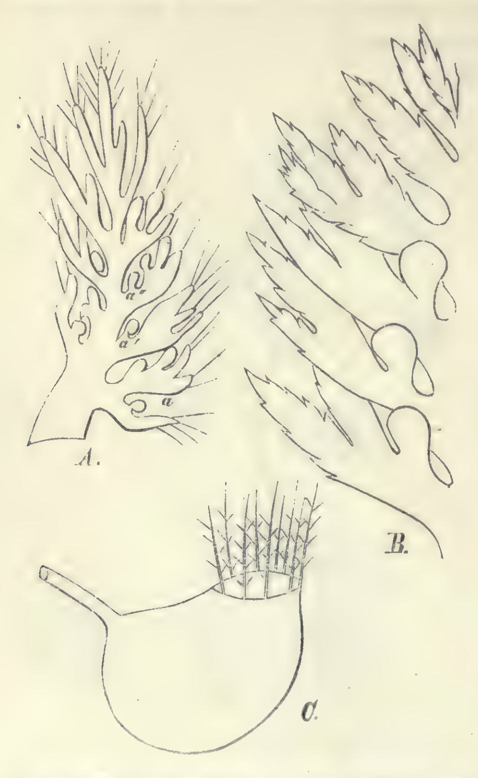


Fig. 257. Utricularia vulgaris. *A* junges Zweigfyftem, *a a′* die Anlagen der Schläuche, *B* ausgewachfenes Syftem, *C* ausgewachfener Schlauch. (*B C* nach Reinsch.)

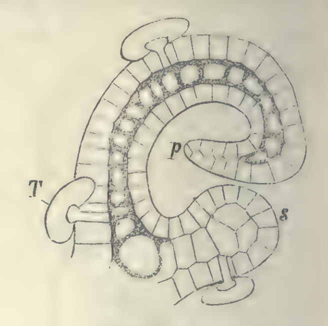


Fig. 258. Utricularia vulgaris. Zwei Zweigfpitzen, welche fich zur Schwimmblafe zu fchließen im Begriffe find. *p* der Vegetationspunkt der einen, *s* derjenige der anderen Zweigfpitze, *T* ein knopfförmiges Haar. (Nach Pringsheim, vergl. Fig. 198 oben S. 365.)

Schlauch zufammen. Die beiden Vegetationspunkte fchlagen fich nach innen, und es entfteht durch nachträgliche Theilung eine Gewebeplatte in Form eines trichterförmigen Canals, welcher in das Innere des Schlauches führt.

Die ausgewachfene Blafe, Fig. 259, der Utricularia ift etwas abgeflacht, *IV V* der Figur, an der Mündung mit einem Befatz von Haaren verfehen. In den Stiel tritt ein Leitbündel, welches fich in die Rücken- und Bauchfläche bei *A* verzweigt. Die Innenfeite ift mit Sternhaaren befetzt, *d*, Fig. 259 *VII*. Die Blafenwand befitzt zwei Schichten von Parenchym. Die äußere führt Chlorophyll und zuweilen ein blaues Pigment. Die Mündung ift fo befchaffen, daß ein kleines Thier leicht einfchlupfen kann, der Austritt aber ift durch die Gaumen *a e* verwehrt. Auch die Luft in der Blafe kann durch einen künftlich ausgeübten Druck auf die Blafenwände nicht entweichen. «Der Gaumen ift eine dünne Membran, welche vom oberen Rande des Periftoms, *a b c d*, Fig. 259 *IV*, als unmittelbare Fortfetzung der Blafenwand fich in die Mundhöhle hineinfchlägt und zu beiden Seiten auf der Innenfeite der Backen vermittelft zweier fchief von den oberen Mund-

winkeln nach den Spitzen der Kinnladenäſte abwärts gerichteten, mit dieſen beinahe einen rechten Winkel bildenden Anwachsſtreifen, *a e*, angeheftet iſt.» Die Blaſe wirkt ſomit wie eine Thierfalle (ſ. Cohn, a. a. O. S. 86 ff.).

Während bei der Utricularia drei Organe, nämlich Stammſproß, Blatt und Haar in complicirter Weiſe zu einem Schwimmapparat, der beiläufig

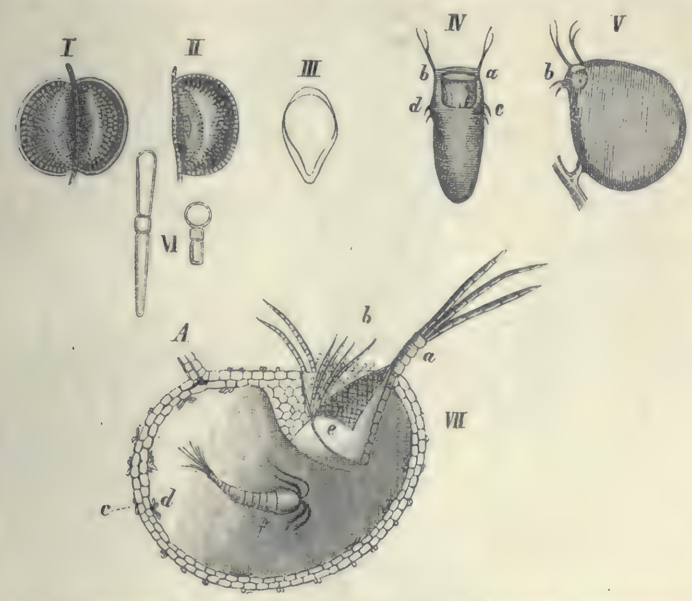


Fig. 259. *I* und *II* Blätter von Aldrovanda vesiculosa, *III* bis *VII* die Schläuche von Utricularia vulgaris (nach Cohn, Beiträge zur Biologie, Bd. I). *I* das geöffnete Blatt. *II* von der Seite in geſchloſſenem Zuſtande. *III* die Blaſe von Utricularia, nachdem die Mündung abgetragen iſt. *IV* die Blaſe von der Mündung *a b c d* geſehen. *V* dieſelbe von der Seite. *VII* Durchſchnitt durch die Utriculariablaſe, bei *a b* der Mündungsbeſatz (Periſtom), bei *c* die trichterförmige Mündung, *a* eine Borſte der Oberlippe, bei *b* Borſten der Unterlippe. Ein Cyclops iſt in der Blaſe gefangen. *VI* Haare aus drei Zellen, einer Stielzelle, Mittel- und Endzelle zuſammengeſetzt, von der Mündung und dem Gaumen der Utriculariablaſen.

auch eine Thierfalle (?) ſein kann, zuſammentreten, wird bei der Aldrovanda vesiculosa ein Theil des Blattes, Fig. 259 *I II*, zu einer beweglichen Klappe umgebildet. In der Mediane *I* verläuft ein Gefäßbündel, die beiden Hälften klappen auf einen äußeren Reiz hin zuſammen und ſchließen den Rand eines linſenförmigen Hohlraumes mit Epidermiszähnen, welche ſich gegenſeitig verſchränken. *II* das geſchloſſene Blatt. In dem Hohlraum fangen ſich kleine Cruſtaceen, welche ähnlich wie in dem Blatt der Dionæa getödtet werden. Die Innenfläche des Blattes iſt mit kleinen Drüſen beſetzt, welche vielleicht analog den Drüſen der Drosera ein verdauendes Secret abſondern (im Uebrigen ſ. Cohn, a. a. O. S. 76 ff.).

e) Drüſen aus metamorphen Blattfiedern.

Die unteren Blattzähne werden bei den Amygdaleen bei Humulus und anderen zu eigenthümlichen, zum Theil hohlen Drüſen umgebildet. In

folche Wärzchen verläuft eine Endigung der Nervatur blind endigender Tracheïden. Der Anlage nach find diefe Gebilde entweder metamorphofirte

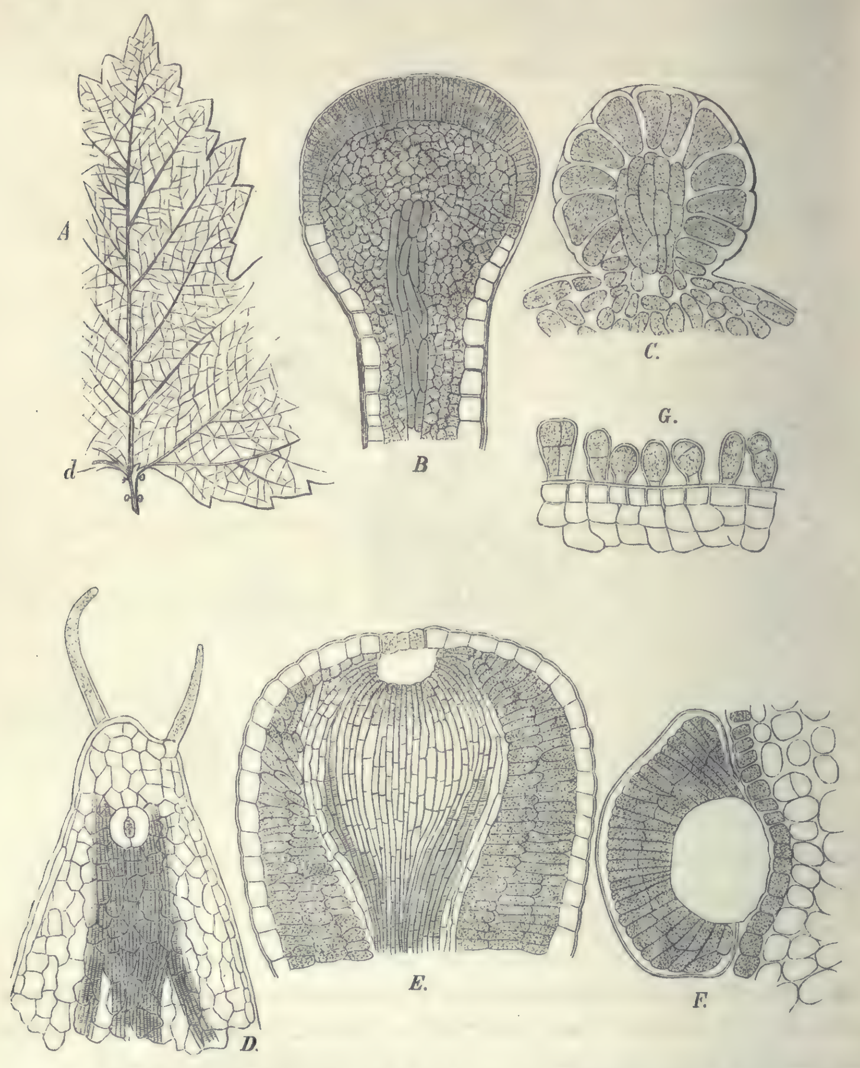


FIG. 260. *A* Blatthälfte von Humulus lupulus mit je zwei Drüfen an dem Blattftiele bei *d*. *B* Drüfe von Prunus avium. *C* Betula alba. Opt. Längsfchnitt einer auf der Spitze des Blattzahnes befindlichen Colletere (Klebdrufe). Vergl. weiter unten die Wachsdrüfen unter «Trichomgebilde». *D* Ribes multiflorum. Blattzahnfpitze von der Oberfeite gefehen, in der Nähe der Spitze liegt eine Spaltöffnung, in deren Nähe das Gefäßbündel endet. *E* Epilobium Dodonæi. Längsfchnitt durch den Wulft, an der Spitze des Blattzahnes genau im Scheitel liegt eine Spaltöffnung, welche mit einem größeren Intercellularraum communicirt. *F* Catalpa syringæfolia. Längsfchnitt durch eine Blattdrüfe. *G* Vicia Faba. Secernirende Haare auf der Epidermis des jungen Blattes. (*B C G* nach REINKE.)

Blattzähne, *A B D E*, oder Haargebilde, *C G F* Fig. 260, welche aus den Oberflächenzellen der Blattzähne, der Epidermis, hervorfproffen, durch die

Secretion von harzartigen Körpern das Verkleben der Blätter, namentlich der Knofpenfchuppen bewirken und indem fie das Benetzen der Knofpen von außen verhindern, zum Knofpenfchutz beitragen. Mit der Entfaltung und dem Heranwachfen der Blätter werden diefe Drüfen functionslos. Die blattartigen Drüfen, *B D E*, befitzen in dem unteren Theil die Epidermis, in dem Scheitel ein dünnwandiges Epithel, Fig. 260 *B*.

---

§ 31. Auszweigungen des letzten Ranges, Trichomgebilde[1]).

Wir faffen hier alle Oberflächenauszweigungen über das ganze Pflanzenreich als folche zufammen. Es find rafch wachfende und rafch ausgewachfene Ausftülpungen oder Auszweigungen der Oberflächenzellen oder der Hautgewebe, ein- oder mehrzellig, verzweigt oder unverzweigt. Ein gemeinfamer hiftologifcher Zug für alle Pflanzen ift diefer: die letzten Verzweigungen der Gefäßbündel treten nicht in die Trichomgebilde ein.

A. Allgemeine Formzüge, Wiederholung des Algengliedertypus.

Die Haargebilde einfachfter Art find einzellige cylindrifche Wucherungen der Hautgewebezellen, fo die Wurzelhaare insgefammt, aber auch zahlreiche Blatt- und Stammhaare.

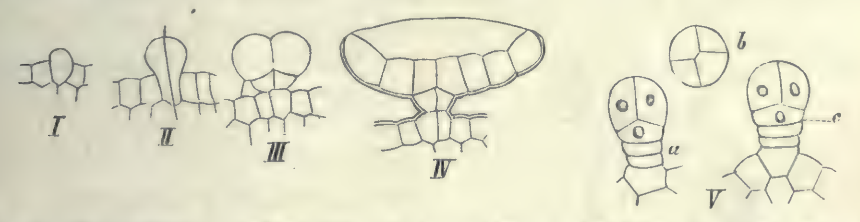


Fig. 261. Humulus lupulus. *I—IV* Entwicklung der Lupulindrüfen. In *I* ift diefelbe ein einzelliges Haar, in *II* zweizellig, knopfförmig mehrzellig in *IV*; im Innern hat fich das Secret gefammelt, die Cuticula ift flachblafenförmig, in *IV* nach außen gewölbt (nach Rauter). *V* Entwicklung des Köpfchenhaares von Dictamnus, *a c* Längs-, *b* Scheitelanficht.

Die Ausftülpung fchwillt an, theilt fich wiederholt fenkrecht zur Längsrichtung. Es entfteht das cylindrifch gegliederte Haar oder es theilt fich

---

[1]) C. A. J. A. Oudemans, Beiträge zur Kenntniß des Baues und der Entwicklungsgefchichte der Haare (namentlich der köpfchentragenden) von Collomia coccinea. 425. Bot. Ztg. 53. — Oscar Uhlworm, Beiträge zur Entwicklungsgefch. der Trichome mit befonderer Berückfichtigung der Stacheln. 753. 769. 785. 801. 817. Bot. Ztg. 73. — Jos. Rauter, Zur Entwicklungsgefch. einiger Trichomgebilde. (A. d. kaif. königl. Hof- und Staatsbuchdruckerei.) Wien 1871. — Dr. Conrad Delbrouck, Die Pflanzenftacheln. Hanstein, Bot. Abhandl. Bd. II. Heft 4. 1875. — Personne, *Formation du lupuline. Ann. d. sc. IV. Sér.* Bd. I.

wiederholt durch Wände, welche den fphärifchen Körper in Kugeldurchfchnitte zerlegt, das Knopfhaar, Fig. 261 *V*. Diefes entfteht, indem die unteren

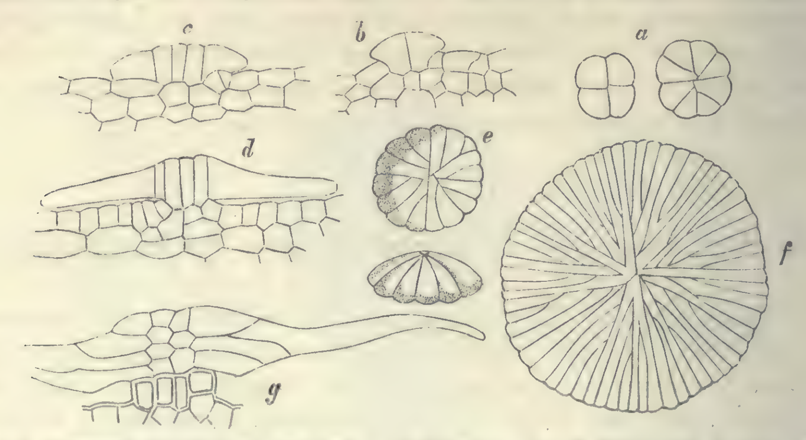


Fig. 262. Shepherdia ferruginea, Nut. Entwicklung der Schildhaare. In *a* die Flächenanficht des jungen Haares von oben, dasfelbe ift in der einen Figur vierzellig und diefe Anficht entfpricht der Seitenanficht *b*, in der zweiten Zeichnung unter *a* ift das Gebilde achtzellig und entfpricht der Seitenanficht *c*. *d* Seitenanficht des Schildhaares in fpäterem Zuftand. *g* Seitenanficht des fertiggebildeten Schildhaares mit mehrfchichtiger centraler Säule. *e* das Schildhaar in mittlerer Entwicklung von oben und von der Seite. *f* Scheitelanficht, entfprechend der Seitenanficht in *g* des fertigen Gebildes, in welchem nun zahlreiche radial geordnete Zellen befindlich find, gleichwohl läßt fich die urfprüngliche Quadrantenordnung noch erkennen. (Nach Rauter.)

Zellen ungetheilt bleiben. Die obere theilt fich über das Kreuz oder in Octanten u. f. f. mehr oder weniger regelmäßig. Nehmen die Theilungen und das Wachsthum in die Fläche zu, fo entfteht das fchildförmige oder das Sternhaar, Fig. 262. Die Theilung beginnt im Längsfchnitt des Haares mit einer Mittelwand *b* und *a*, Fig. 262, fodann theilt fich jede Zelle durch eine dazu fenkrecht ftehende Wand, fo wird der Körper vierzellig, fpäter entftehen mehr oder weniger regelmäßig die Octantenzellen *c e* u. f. f. Die weitere Gliederung erhellt aus der Figur und deren Erklärung.

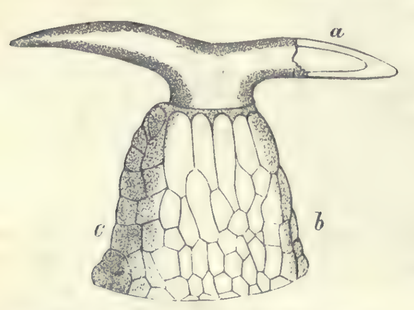


Fig. 263. Humulus lupulus. Ein Klimmhaar, dasfelbe ift in dem Kegel *c b* eingefchloffen, nach unten halbkuglig abgewölbt, bei *a* ift der eine Arm im optifchen Durchfchnitt gezeichnet. (Nach Rauter.)

Ein folches vielzelliges Haar ift zuletzt ein flacher Teller oder eine Gruppe fternförmig divergirender Ausftülpungen, fo bei den Elæagneen. In der ausgebildeten Form laffen fich die Theilungsfolgen noch leicht aus der Lage der Zellen erkennen.

Die angrenzenden Epidermiszellen betheiligen fich bei dem Wachsthumsvorgang des Haarkörpers, es entfteht eine Drüfe, auf welcher das einfache oder verzweigte Haar auffitzt. Figur 263 ftellt die Kletterhaken

des Hopfen dar. Das Brennhaar der Neſſel zeigt eine ähnliche Anordnung. In einem parenchymatöſen Wärzchen ſitzt die birnförmige Giftdrüſe eingeſchloſſen und mündet in einen capillaren Conus mit etwas angeſchwollener Spitze. Bei einer leiſen Berührung bricht die Spitze, an der Haut der Hände des Menſchen etwa, ab. Das Gift der Drüſe wird unter dem Gewebedruck des Wärzchens in die entſtehende Hautwunde injicirt.

Die nächſte Form, welche ſo wie das flache Haar, Fig. 262, an den Theilungsmodus der Melobeſien, an denjenigen der Characeen entfernten Anſchluß hat, iſt das verzweigte Knoſpenhaar von Platanus, Fig. 264 *I*. Dasſelbe beſteht an ſeiner Baſis aus wenigen Zellengliedern, welche verkürzt ſind, ſodann folgen mehrere geſtreckte Glieder, dieſe theilen ſich in eine centrale Zelle und vier bis fünf Rindenzellen, welche in der Fig. 264 *I* angedeutet ſind. Von jedem Gliede entſproſſen ebenſoviel nichtberindete Zweige wie Rindenzellen vorhanden waren. Das oberſte Glied der Hauptaxe iſt nicht berindet. *II* iſt ein Schema der Berindung des Charenſtammes im optiſchen Durchſchnitt (man vergl. die Entwicklung des Charenſtammes oben S. 179, Fig. 93).

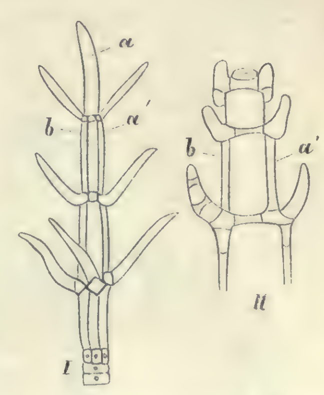


Fig. 264. *I* Platanus occidentalis, gegliederte Haare aus der Blattknoſpe, *a* die einfache Endzelle, hierunter folgen mehrere Glieder mit quirlartig geſtellten Seitenzweigen in der Anzahl von 4—5, *a'* die Rindenzellen, *b* die centrale Gliederzelle (zu vergl. mit *II* und den Fig. 93 und 94). *II* Schema der Gliederung im Scheitel des Charenſtammes (vergl. S. 178 ff.).

B. Trichomgebilde im Innern der Pflanze.

Bei den Nymphæaceen werden ſternförmige cuticulariſirte Haare von den Grenzzellen der Intercellularräume gebildet, welche in den Luftcanal hineinragen.

Von einigem Intereſſe ſind die Haare im Innern der Schwimmblaſe, der Schläuche von Utricularia. Hier kommen fünf Formen in dem kleinſten Flächenelement vor:

1⁰ flach knopfförmige *a*, Fig. 265 *A*;

2⁰ vier ſtrahlige aus einer Zelle entſproßt, Fig. 265 *A B C D*;

3⁰ cylindriſch mehrzellige;

4⁰ ebenſolche mit kuglig angeſchwollener Endzelle, Fig. 265 *F*.

Chlorophyllführende Haare. Polytrichum und Barbula membranifolia.

Nur in wenigen Moosgattungen (ſämmtliche Polytricha und Barbula membranifolia) entſtehen auf der Innenſeite (morphologiſche Oberſeite) Trichomgebilde, deren Gliederzellen Chlorophyllkörper führen.

Farblofe Haare.

Die Haargebilde aller höheren Pflanzen haben mit der Epidermis den Zug des vollftändigen Mangels an Chlorophyllkörpern gemein.

C. Allgemeine Züge der Stellung.

Erft von den höheren Algen (f. oben unter Sphacelarien) und den Moofen ab aufwärts durch die Gefäßkryptogamen nach den Blüthenpflanzen

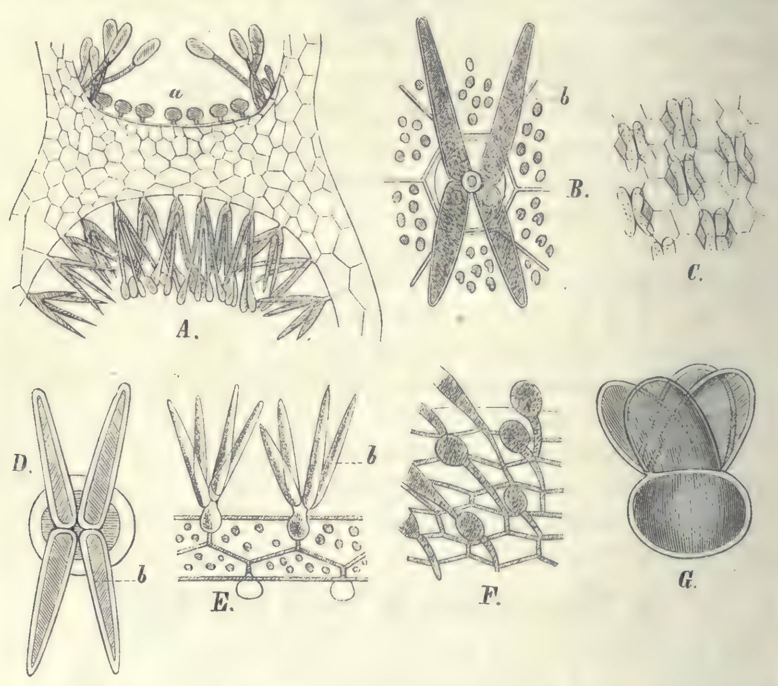


Fig. 265. Utricularia vulgaris (nach Reinsch). *A* Durchfchnitt durch den oberen Theil eines entwickelten Schlauches (Schwimmblafe, vergl. Fig. 257 und Fig. 258, S. 422) fenkrecht auf die äußere Fläche der Mündungsmembran, in der inneren Fläche des Schlauches entfpringen zahlreiche Sternhaare. *B* Flächenanficht eines Sternhaares mit der Bafalzelle, welche in *E* von der Seite gefehen wird. *C* kleine Parthie der Oberfeite des Schlauches. *D* eines der Sternhaare an der Zelle, aus welcher es entfprungen. *F* kugelförmige Haare aus demfelben Schlauch.

tritt eine folche Gliederung des vegetativen Körpers auf, daß von den Haargebilden als befondern Organen gefprochen werden darf.

Der Vegetationspunkt als folcher bringt niemals direct ein Trichomgebilde hervor, ftets entfpringen fie in fpäteren Zellenabkömmlingen. In diefer Hinficht ift der Scheitel von Metzgeria von Bedeutung. Dicht in der Nähe der Scheitelzelle werden mehrere gefetzmäßig geftellte Haargebilde der mikrofkopifchen Beobachtung läftig, Fig. 266. Es find dieß vielleicht diejenigen Anhangsgebilde, welche am nächften zur Scheitelzelle ftehen. Die Zellen aber, welche fie hervorbringen, find aus der dritten bis vierten Generation (vergl. oben Schema von Metzgeria, Fig. 102).

In dem Scheitel der Laubmoofe ftehen die Trichomgebilde, aus welchen die Antheridien und Archegonien fich entwickeln, auf dem Stammtheile des Segmentes, wiewohl in der Nähe der Scheitelzelle, doch auf Zellen des 5.—6. Grades der Verwandtfchaft (f. Fig. 120 oben, Längsdurchfchnitt der Polytrichumknofpe).

Bei den Farrenkräutern ftehen die Spreufchuppen aus Zellen des Hautgewebes von noch entfernterer Verwandtfchaft und fie entftehen nach HOFMEISTER's Angaben niemals in der Region zwifchen der jüngften deutlich fichtbaren Wedelanlage und der Scheitelzelle.

D. Bedeutung der Trichomgebilde.

Von einer allgemeinen Bedeutung der Haare im Leben der Pflanze ift nicht die Rede, da ganze Verwandtfchaftskreife diefelben vollftändig oder doch an Organen entbehren, welche in anderen Familien behaart find, fo

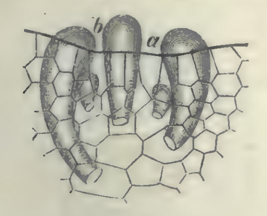


FIG. 266. Scheitel der Metzgeria. *a b* Scheitelzellen. In den Zellen des dritten bis vierten Grades der Segmente find einzellige Haare entftanden, welche den Scheitel unterfeits bedecken. Nach KNY, Beiträge u. f. f. (PRINGSH., Jahrb. IV).



FIG. 267. Marchantia polymorpha. Anlage der Archegonien. In *I* zweizellige Trichomwarze, in *II* fünfzellige, in *III* zehnzellige. (Nach STRASBURGER.)

bei den Juniperineen, Abietineen, Craffulaceen und zahlreichen Monocotyledonen. Nehmen wir die Stacheln, Drüfen, foweit fie aus dem Hautgewebe entfproffen, hinzu, fo können wir diefe Functionen nachweifen:

1⁰ Schutz gegen Temperaturwechfel in der Knofpe. Eine große Anzahl von Pflanzen zeigt dicht behaarte Blätter, fo lange diefe in der Knofpe befindlich find, während diefelben nach der Entfaltung haarlos find.

Das Haar fchützt in der Knofpe der Pappeln, Birken, Roßkaftanie durch Secretion eines harzigen Körpers, welcher die Deckfchuppen fo benetzt, daß das Eindringen von Waffer unmöglich wird.

Die Paraphyfen der Flechten, der Ascomyceten und Moofe mögen ähnliche Bedeutung haben, wiewohl diefe bis jetzt nicht zu überfchauen ift. Diefe Gebilde können auch Nebenorgane fein, welche als Rudimente von Organen mitgehen, die früher eine phyfiologifche Bedeutung hatten;

2⁰ die Gefchlechtsapparate der Moofe entfproffen, wie früher gezeigt, aus Haargebilden (f. § 15);

3⁰ die Sporangien der Farrenkräuter entftehen ebenfalls als Haargebilde aus Oberflächenzellen (f. S. 287 ff.);

4⁰ das Haar ist ein Organ der Ernährung an den Wurzeln der höheren Pflanze;

5⁰ es wird zur Offensivwaffe an den Haustorien der Cuscuten (s. Bd. I, § 36 und Fig. 221 oben);

6⁰ zur Defensivwaffe wird es einerseits ausgebildet bei Urtica, während dasselbe Gebilde bei Humulus als Offensivwaffe Verwendung findet (s. § 2, S. 34 oben).

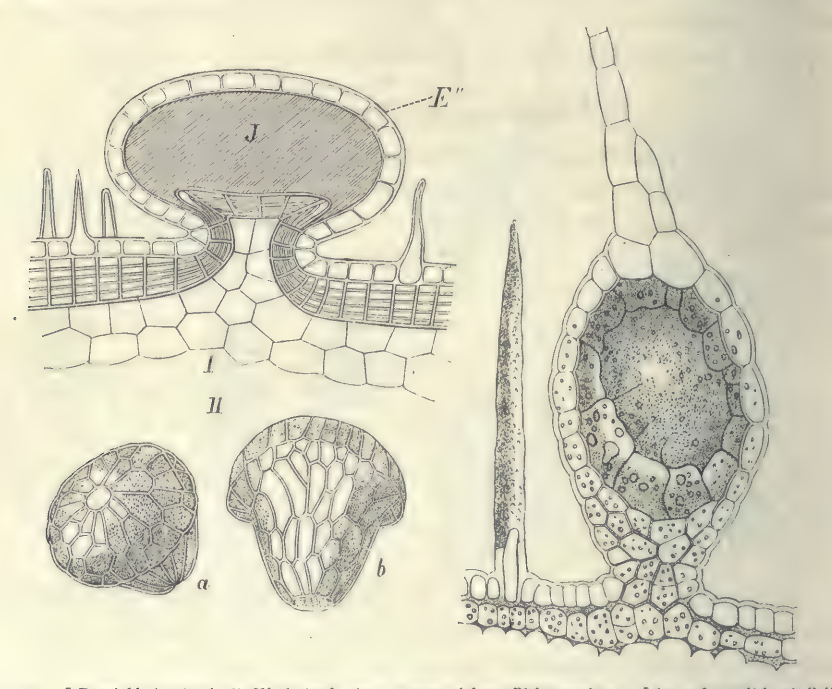


Fig. 268. *I* Durchschnitt durch die Wachsdrüse eines ausgewachsenen Birkenzweiges. *J* der ursprünglich mit Zellen, jetzt mit einem wachsartigen Secret erfüllte Raum der Drüse, umgeben von den Randzellen der Drüse *E''*. Auf der Epidermis sitzen unverzweigte Cylinderhaare. Unter der Epidermis die Peridermlage, welche in die Drüse *J* einen kleinen tellerförmigen Auswuchs getrieben hat. *II* die unter dem Namen «Lupulin» bekannten knopfförmigen Haare aus dem Blüthenstand des Hopfens, *a* vom oberen Pol gesehen, in diesem unterscheidet man eine strahlige Anordnung der Zellen; *b* von der Seite gesehen. Rechts eine kleine Durchschnittsparthie durch die Epidermis von Dictamnus Fraxinella mit einem Drüsenhaar, dessen Innenzellen in der Resorption begriffen sind, und einem einzelligen Wollhaar. Das Innere der Drüse ist mit ätherischem Oel angefüllt.

Die Stacheln der Rose, die stacheligen Blätter der Phanerogamen sind Defensivwaffen. Hier ist zu unterscheiden, daß solche z. Th. reine Trichomgebilde sind, deren Descendenz von den Hautgeweben hergeleitet werden kann, z. Th. aber sind es Blattzähne. Pflanzen, welche zur Bewaffnung in diesem Sinne neigen, ergreifen jede Gelegenheit, solche Waffen zu bilden, sei es, daß sie das Haar, sei es, daß sie den Blattfieder (Zahn) umbilden oder beide zugleich;

7⁰ Zweig- und Blatthaare werden zu Secretionsbehältern umgebildet

in mehreren Familien der Phanerogamen, ſo bei den Rutaceen, Dictamnus, Fig. 268, bei Humulus, bei den Birken. Die Geſtalt und Dauer ſolcher Gebilde iſt ſehr verſchieden, immer aber führt der Entwicklungsgang auf urſprünglich einzellige Ausſtülpungen der Epidermis zurück;

8⁰ Hilfsapparate bei der Befruchtung. Endlich functionirt das Haar an dem Narbenkörper der Blüthenpflanzen als Secretionsorgan (Papillen der Narbe), als Hilfsapparat für das Einſammeln der Pollen von dem Leib der beſuchenden Inſecten (ſ. Allg. Morphologie der Blüthenpflanzen).

Es möge hier ein merkwürdiger Apparat dieſer Art beſchrieben ſein. Die Sammelhaare der Campanulaarten ſtülpen ſich, nachdem ſie beſtäubt ſind, in der Weiſe ein, wie man einen Handſchuhfinger von dem Scheitel nach der Baſis einſtülpen kann, das Narbenhaar wird hiebei verkürzt und deponirt den inhaftenden Pollen auf dem Narbenkörper.

E. Gallenhaare.

1. Phytoptus (Erineum).

Die Milben aus der Gattung Phytoptus veranlaſſen auf den von ihnen bewohnten Blättern (Vitis, Alnus) krankhafte Ausbauchungen des Blattes, wobei die beſiedelte Unterſeite concav wird. In ſolchen Concavitäten, von bis 1—2 cm Durchmeſſer, bilden ſich ſehr lange Haare, einzellig, mit mehreren Verzweigungen. Es entſteht ein Haarpolſter, deſſen Dicke diejenige des Blattes oft überwiegt.

2. Eichengallen.

Die flachen Zellen oder knopfförmigen Gallen der Cynips Malpighii, quercus u. a. m. bilden ſternförmige Haare, welche ſonſt dem Eichenblatte nicht zukommen.

---

§ 32. Der Blüthenstand (Inflorescenz).

Es wurde ſchon oben bei der Betrachtung des Stammes darauf hingewieſen, daß die Blüthe an Zweigen der erſten bis zweiten oder dritten Ordnung entſteht als ein umgewandelter Zweig mit umgebildeten Blättern. Die Blüthe iſt in der großen Mehrzahl der Fälle ein Kurztrieb. Ein Syſtem von wenigen oder zahlreichen ſolcher Kurztriebe iſt die Infloreſcenz oder der Blüthenſtand. Das Element des Blüthenſtandes iſt die Blüthe, welcher im einfacheren Falle ein Hochblatt *B* als Vorblatt und mehrere Nebenblättchen *b b'* vorausgehen. *a* iſt die Axe der Blüthe, *A* die tragende Hauptaxe:

A

b a b

B.

Von *A*, dem Querschnitt der Hauptaxe nach *B* geht im Allgemeinen die Mediane des Systems, nach zahlreichen Richtungen von *A* stehen die Blüthen in mannigfacher Anordnung.

Die Laubblätter bilden die vorbereitende Region für den Blüthenstand. Je nachdem dieser mehr oder weniger vorherrscht und an Mächtigkeit gewinnt, ist der Uebergang der Laubblätter nach der Blüthenregion mehr oder weniger allmälig:

1⁰ im einfachsten Fall steht die Blüthe oder der Blüthenstand als voreilendes Axillarproduct in der Achsel der Laubblätter;

2⁰ der Blüthenstand beschließt mit einer größeren Anzahl von Blüthen den Trieb oder die Hauptaxe. Hiebei gehen allmälig die Laubblätter in die Hochblätter über, deren Axillarproduct die Blüthe ist.

A. Monopodiale Blüthenstände.

Der Blüthenstand ist monopodial (nach der älteren Bezeichnungsweise centripetal) wenn er von unten nach der Spitze wächst und in derselben Reihenfolge die Seitenzweige, beziehentlich Blüthen, anlegt, so daß die Gipfelblüthe die zuletzt entstandene ist. Die Hauptformen der monopodialen Blüthenstände können in diesem Sinne geordnet werden:

1⁰ Aehre (Traube). Die aufeinander folgenden Zweige, welche in der Blüthe enden, zeigen unter sich nahezu gleiches Längenwachsthum; das Maaß des Längenwuchses herrscht in der tragenden Axe vor, und ist von der unteren nach der oberen Blüthe dasselbe. Die Aehre kann einfach, doppelt, dreifach zusammengesetzt sein;

2⁰ die Rispe zeigt dasselbe Verhalten in Bezug auf die Hauptaxe, die Längen der Seitenaxen und ihre weiteren Auszweigungen werden geringer, beziehentlich ärmer, von der Basis nach der Spitze, so daß dort der Blüthenstand unter Umständen in die Aehre übergehen kann. Auch die Rispe kann mehrfach zusammengesetzt sein, so daß die Blüthen erst als Zweige höherer Ordnung auftreten;

3⁰ die Dolde ist in der Entwicklung identisch mit der Aehre, die Längenintervalle an der Hauptaxe aber bleiben verschwindend klein gegenüber der Ausdehnung der Seitenzweige, welche unter sich gleiches Maaß des Längenwuchses zeigen. Wie die Rispe kann die Dolde mehrfach zusammengesetzt sein;

4⁰ bleiben die Längenaxen und die Seitenaxen verkürzt, wächst dagegen das System in die Breite, so entsteht der für die Compositen charakteristische Blüthenstand, das Köpfchen, als ein flacherer oder steilerer

Rotationskörper, an welchem die in dichten Contactlinien geordneten Blüthen von der Baſis nach dem Scheitel entſtehen;

5⁰ endlich wird im Blüthenſtand der Feige die Axe, welche urſprünglich eine im Scheitel mit den Hochblättern beginnende convexe Knoſpe war, allmälig während der Anlegung der verkürzten Blüthenknoſpen concav und ſchließt ſich zu einem birnförmigen Hohlkörper, welcher auf ſeiner Innenſeite die zahlreichen Blüthen trägt. In gleichem Sinne iſt der Blüthenſtand der Dorstenia eine flache, unregelmäßig gelappte Scheibe, auf deren Oberſeite die Blüthen eingefügt ſtehen;

6⁰ das Köpfchen kann in ſich zuſammengeſetzt ſein aus zahlreichen, mit einem Niederblattkreis beginnenden Infloreſcenzen, welche mit einer einzigen Blüthe abſchließen. Echinops.

B. Sympodiale Blüthenstände.

Auf die Stellung dieſer Syſteme an der Pflanze iſt ſpäter nochmals zurückzukommen. Der zweite Modus der Entwicklung wird von den Morphologen die ſympodiale Ausbildung genannt (centrifugale Entwicklung). Im Weſen der Sache beginnt das Sympodium zunächſt für den mikroſkopiſchen Anlagezuſtand in monopodialer Weiſe. Zuerſt entſtehen an der Knoſpe der tragenden Axe, der relativen Hauptaxe, einige Blattknoſpen in akropetaler Folge. Mit dem Beginn der Blüthenbildung aber geht die Hauptknoſpe der tragenden Axe in eine Blüthe über. Jede weitere Auszweigung aus derſelben iſt damit abgeſchloſſen. Das Syſtem kann von jetzt ab nur aus den tiefer ſtehenden Seitenknoſpen verjüngt, weiter verzweigt werden:

1⁰ die allgemeine und häufigſte Form der ſympodialen Blüthenſtände iſt unter dem Namen der Trugdolden (Cyma) beſchrieben: die Hauptknoſpe *A* wird zur Blüthe:

$$B \; a \; A \; a \; B.$$

Die etwas tiefer ſtehenden Seitenknoſpen *a* in der Achſel der Hochblätter *B* ſtrecken ſich, bilden wiederum Axillarſproſſe und gehen wie *A* in Blüthen über, *A'*:

$$B' \; A'' \; B \; A' \quad A \quad A' \; B \; A'' \; B'.$$

Ebenſo verhalten ſich die Axillarſproſſe der nächſten Generation u. ſ. f. Das Syſtem wächſt von Innen nach Außen und kann ebenſo, wie hier nur zwei Richtungen angegeben ſind, nach mehreren Richtungen ſtrahlig wachſen. Es kann äußerlich wie eine Riſpe und Dolde, oder bei dichter Stellung der Sproſſungen wie ein Köpfchen erſcheinen[1]);

[1]) Allium.

2⁰ ein beſonderer Fall cymöſer Verzweigung beruht darin, daß die Endblüthe *A,* ſodann *A'* jeweilig im mikroſkopiſchen Anlagezuſtand ſtreng geſetzmäßig eingehen[1]). Alsdann wird das Syſtem gabelig. In der Regel entſtehen zwei Gabeläſte.

Die übrigen Formen der cymöſen Blüthenſtände können aus 1⁰ hergeleitet werden;

3⁰ wenn an der tragenden Axe *A* nur eine Seitenknoſpe angelegt wird, welche, nachdem die Hauptknoſpe *A* in die Blüthenbildung eingegangen iſt, zur Weiterbildung gelangt, ſo entſteht die Schraubel- (Cyma helicoïdea) und die Wickelinfloreſcenz (Cyma scorpioïdea):

a) das Syſtem wird einſeitig gefördert, indem jedesmal die neu auftretende Knoſpe nach derſelben Seite an der vorhergehenden Zweigordnung zur Entfaltung kommt, cyma helicoïdea:

$$b''' \quad a''' \quad b'' \quad a'' \quad b' \quad a' \quad A \quad A' \quad B' \quad A'' \quad B'' \quad A''' \quad B''' \text{ u. ſ. f.}$$

In dieſem Schema werden alle nach rechts gehenden Sproſſe *A' A''* u. ſ. f. in Blüthen umgebildet. Je ein ſpäterer iſt das Axillarprodukt eines an dem vorhergehenden ſtehenden Hochblattes;

b) die Cyma scorpioïdea entſteht in demſelben Sinne, nur wechſelt von einer nach der nächſten Sproßgeneration die Seite, an welcher die Blätter *B B'* ſtehen, einmal ſteht *B* links an *A, B'* aber ſteht rechts an *A'* u. ſ. f.

$A^{B\,A''}\;A'\;B$

$A'''\;B'''$

$B''\quad A''\quad A'$

$A \qquad\qquad B$

Gemiſchte Infloreſcenzen entſtehen ſo, daß die höheren Auszweigungen in cymöſer Weiſe endigen, während die niederen in akropetaler Folge entſtanden ſind[2]).

Betrachtet man die höheren Pflanzenformen im Anſchluß an die Kryptogamen, ſo findet man bei den erſteren ſympodiales Wachsthum nur bei wenigen Fucaceen[3]), Florideen. Alle Mooſe ſind Monopodien, ebenſo alle Characeen, ferner alle Farrenkräuter, Equiſeten, Rhizocarpeen. Sympodiale Blüthenſtände kommen in dem ganzen Reich der Coniferen nicht vor. Nur bei Ephedra geht die Hauptknoſpe nach der Anlegung zweier Blüthen, welche in den nächſt tieferen Axillarknoſpen entſtanden ſind, ein. Ephedra iſt der erſte Fall ſympodialer Blüthenbildung in der aufſteigenden Richtung. Bei den Monocotylen dagegen treten ſympodiale Infloreſcenzen bei

---

[1]) Euphorbia canariensis und andere verwandte Euphorbien.

[2]) Philadelphus, Sambucus, Hippocaſtaneen und zahlreiche andere.

[3]) Man vergl. Dictyota, S. 137 oben.

den Tradescantien, den Liliaceen, Juncaceen u. a. m. auf. Bei den Dicotylen herrſchen die monopodialen Infloreſcenzen entſchieden vor.

Betrachten wir nun noch den Baum (beziehentlich alle Holzpflanzen, welche Baumform anſtreben), ſo iſt zu beachten, daß dieſe drei Stufen zu unterſcheiden ſind:

I. die Hauptknoſpe der Axe erſter Ordnung wird nicht abgelöſt durch Seitenknoſpen und geht niemals in die Blüthenbildung ein; ächtes Monopodium. Cupuliferen, Salicineen, Betulineen (z. Th.);

II. die Hauptknoſpe der Axe erſter Ordnung geht mit dem Beginne der Mannbarkeit in die Blüthenbildung ein, und damit verliert ſie ihre vegetative Verjüngung; ächte Sympodien, z. B. Oleaceen, Hippocaſtaneen, Philadelpheen, Rhododendren u. a. m.;

III. die Axillarſproſſe der nächſten Ordnung zur Hauptknoſpe enden mit Infloreſcenzen. Dieß iſt die Vermittlung zwiſchen I. und II. Pomaceen, Roſaceen, Ulmaceen.

Je ſpäter die Mannbarkeit eintritt, um ſo mehr ſind ſelbſtredend die vorbereitenden Zweiggenerationen der Laubblätter vorherrſchend, um ſo mehr hält das Syſtem die Schaftrichtung ein. Frühblühende Holzpflanzen, welche ihre Hauptknoſpe in Infloreſcenzen umbilden, können, weil ihre Verzweigung von nun ab nur aus tieferen Axillarſproſſen möglich iſt, nicht zur reinen Schaftbildung gelangen [1]).

Die Diclinie (Monöcie, Diöcie) beginnt mit den Coniferen und bildet dort die Regel. Androgyne Blüthenſtände kommen bei Welwitschia vor. Dicline Blüthenſtände finden ſich bei den Gräſern, Cyperaceen. In der Regel entſtehen die männlichen Blüthenſtände an einer früheren Zweigordnung als die weiblichen. Bei allen Carices z. B. mit diclinen Infloreſcenzen iſt der männliche Blüthenſtand gipfelſtändig, die weiblichen entſprechen den Axillarknoſpen der tieferen Laub- beziehentlich Hochblätter. Auch in der Zeit iſt ein Unterſchied bei einigen Bäumen zwiſchen beiden Geſchlechtern zu beachten, ſo bilden die Erlen, welche zu der ſyſtematiſchen Abtheilung Gymnothyrsus gehören, ihre männlichen Kätzchen mit den Laubblättern des laufenden Sommers als voreilende Axillarſproſſe und Endknoſpen aus, während die weiblichen erſt mit den Laubtrieben des nächſten Sommers oder Frühlings zur Entwicklung gelangen.

---

[1]) Man vergl. Botan. Unterſuch. von Dr. N. J. C. Müller. Heidelberg. C. Winter. Bd. II. Heft 1. Ueber einen kurzen Ausdruck für die Evolution der Baumknoſpe. Man vergl. auch Bd. I d. Handbuchs, S. 374.

§ 33. Die Blüthe[1]).

Die Blüthe ift eine Anpaffung an die herrfchenden Verhältniffe des Feftlandes. Alle im Waffer adaptirten Pflanzen, welche mit ihren Blüthen-

---

[1]) **Literatur: Polymorphie und Dichogamie der Blüthe.**

Sprengel, Das entdeckte Geheimniß in der Natur. Berlin 1793. Fr. Vieweg d. Aelt. — Dan. Müller, Ueber die Befruchtung der incompleten Blumen einiger Violaarten. 729. Bot. Ztg. 57. — H. v. Mohl, Einige Beobachtungen über dimorphe Blüthen. Bot. Ztg. 63. — Dr. Alefeld, Ueber Triöcie und Trimorphie. Bot. Ztg. 63. — J. Walz, Ueber die Befruchtung in den gefchloffenen Blüthen von Lamium amplexicaule L. und Oryza clandestina, A. Br. 145. Bot. Ztg. 64. — F. Hildebrandt, Experimente über den Dimorphismus von Linum perenne und Primula sinensis. 1. 24. Bot. Ztg. 64. — L. C. Treviranus, Ueber Dichogamie nach C. C. Sprengel und Ch. Darwin. 1. 9. Bot. Ztg. 63. — Fritz Müller, Umwandlung von Staubgefäßen in Stengel bei Begonia. 149. Bot. Ztg. 70. Uebergang von Zwitterblüthigkeit in Getrenntblüthigkeit bei Chamissoa. 149. Triandrifche Varietät eines monandrifchen Epidendrum. 149. S. Hildebrandt. Bot. Ztg. 70.

Bestäubung: Narbe und Fruchtknoten.

L. C. Treviranus, Amphicarpie und Geocarpie. 145. Bot. Ztg. 63. — F. Hildebrandt, Ueber die Beftäubungsvorrichtungen bei den Fumariaceen. Pr. Jahrb. Bd. VII. S. 423. 1869—70. — Dr. Nathan Pringsheim, Entwicklungsgefchichte des Stempels, des Samenträgers und der unbefruchteten Samenknofpen von Mercurialis annua. 97. 113. Bot. Ztg. 51. — A. Batalin, Beobachtungen über die Beftäubung einiger Pflanzen. 53. Bot. Ztg. 70. — F. Ludwig, Ueber die Kleiftogamie von Collomia grandiflora. 777. Bot. Ztg. 77.

Kreuzung.

A. Braun, Verjüngung in der Natur. — Joh. Grönland, Einige Worte über die Baftardbildung in der Gattung Aegilops. Pr. Jahrb. Bd. I. S. 514. 1858. — Louis Vilmorin et Joh. Grœnland, *Note sur l'hybridation du genre Aegylops.* 1856. — D. A. Godron, *De la fécondation des Aegylops par le Triticum.* Nancy 1855. — Dr. F. A. v. Hartsen, Eine merkwürdige Hybridenbildung. 379. Bot. Ztg. 67.

Carpell, Ovulum.

Payer, *Organogénie de la fleur.* — Eichler, Blüthendiagramme. — C. Cramer, Ueber die morphologifche Bedeutung des Pflanzeneies etc. 24. Bot. Ztg. 68. — Dr. E. Warming, Bemerkungen über das Eichen. 465. Bot. Ztg. 74. — J. Peyritsch, In Sachen der Ovulartheorie. 305. Bot. Ztg. 77. — L. Celakovsky, Noch ein Wort in der Ovularfrage. 432. Bot. Ztg. 77.

Anthere, Pollen und Befruchtung.

Payer, *Organogénie de la fleur.* Paris. — Eichler, Blüthendiagramme. Leipzig. Engelmann. — W. Hofmeister, Zur Entwicklungsgefchichte der Zostera. Bot. Ztg. 52. — M. Müller, Umbildung von Ovarien in Staubgefäße bei Salix. Bot. Ztg. 68. — W. Hofmeister, Ueber die Entwicklung des Pollens. Bot. Ztg. 48. — Dr. R. Neumann, Ueber

zweigen untergetaucht leben, fluthen[1]), bilden die äußeren (bei den Festlandspflanzen durch Gliederung, Farbenpracht und Geruch ausgezeichneten) Hüllen nur rudimentär aus. Alle farbenprächtigen oder in der Gliederung ausgezeichneten Blüthen von Wasserpflanzen werden von dem Stammtheil der Blüthe oder der Blüthenstände über den Wasserspiegel nach der Atmosphäre emporgehoben[2]).

Die Blüthe ist ein Kurztrieb, an welchem sich die Hochblätter mehr oder weniger betheiligen. Der morphotisch herrschende Zug besteht darin, daß die Axillarsprosse der an der Blüthenbildung betheiligten Blätter nicht zur Entwicklung gelangen.

Wie schon angedeutet sind die Laubblätter die vorbereitende Region für die Blüthe. Dieselben können als Hochblätter mehr oder weniger mit der Blüthe verbunden sein:

Antherae anticae und posticae und deren Uebergänge ineinander. Bot. Ztg. 54. — H. Schacht, Ueber den Bau einiger Pollenkörner. Pr. Jahrb. Bd. II. 1860. — Dr. Alefeld, In denselben Blüthen normaliter die Antheren zum Theil nach innen, zum Theil nach außen aufspringend. 339. Bot. Ztg. 62. — Dr. E. Warming, Untersuchungen über pollenbildende Phyllome und Caulome. Hanstein, Bot. Abhandl. Bd. II. Heft 2. 1873. — A. Engler, Beiträge zur Kenntniß der Antherenbildung der Metasperme. Pr. Jahrb. Bd. X. S. 275. — Th. Hartig, Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen. Braunschweig 1842. Vieweg. — M. J. Schleiden, Historische Berichtigung zur Lehre von der Befruchtung. 73. Bot. Ztg. 45. — W. Hofmeister, Untersuchungen des Vorganges bei der Befruchtung der Oenothereen. 785. Bot. Ztg. 47. — Amici, Ueber die Befruchtung der Orchideen. 364. 80. Bot. Ztg. 47. — H. v. Mohl, Der vorgebl. Sieg der Schleiden'schen Befruchtungslehre. Bot. Ztg. 55. — Graf zu Solms-Laubach, Ueber monocotyle Embryonen mit scheitelbürtigem Vegetationspunkt. Bot. Ztg. 78. — Th. Deecke, Zur Entwicklungsgeschichte des Embryo der Pedicularis silvatica. 657. Bot. Ztg. 55. Embryo-Entwicklung der Stachys silvatica. 121. Bot. Ztg. 56. — Schacht, Ueber den Vorgang der Befruchtung bei Gladiolus segetum. K. Ak. d. Wiss. Berlin 1856. — Radlkofer, Der Befruchtungsproceß im Pflanzenreiche und sein Verhältniß zu dem im Thierreiche. Leipzig 1857. Engelmann. — W. Hofmeister, Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen. Pr. Jahrb. Bd. I. S. 82. 1858. — H. Schacht, Ueber Pflanzenbefruchtung. Pr. Jahrb. Bd. I. 1858. — A. Braun, Ueber Polyembryonie und Keimung von Cælebogyne. Berlin 1860. Buchdr. d. Kön. Ak. — L. Letzerich, Ueber die Befruchtung und Entwicklungsgesch. des Embryo von Agrimonia Eupatoria. 9. Bot. Ztg. 62. — H. Schacht, Die Blüthe und die Befruchtung von Santalum album. Pr. Jahrb. Bd. IV. S. 1. 1865. — S. Rosanoff, Morphologisch-embryologische Studien. Pr. Jahrb. Bd. V. S. 72. 1866--67. — Dr. Alfr. Kirchhoff, Zur Lehre vom Generationswechsel im Pflanzenreich und von den organologischen Analogien der phanerogamischen und kryptogamischen Blüthe. 329. 37. Bot. Ztg. 67. — Fritz Müller, Ueber Befruchtungserscheinungen bei Orchideen. 629. Bot. Ztg. 68. — Dr. E. Strasburger, Zur Mechanik der Befruchtung. 882. Bot. Ztg. 68. Die Entwicklung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen. Hanst. Bot. Abhandl. Heft 1. 1870. Zellbildung und Zelltheilung. Jena 1877. H. Dabis. Ueber Polyembryonie.

[1]) Ceratophylleen, Najadeen, Potameen.

[2]) Nymphæaceen, Nelumboneen, Sagittarieen und viele andere.

1⁰ die Blüthenhülle bleibt rudimentär oder fehlt. Die Hochblätter übernehmen die Function der Blüthenhülle bei allen Gramineen, Cyperaceen, bei den Betulineen, Salicineen und vielen anderen;

2⁰ die Blüthenhüllen sind entwickelt, stellen aber in ihrem äußeren Kreis die Fortsetzung des Hochblattkreises dar. So verhalten sich z. B. die Malvaceen, Dryadeen, Rosaceen u. a. m.;

3⁰ die Hochblätter treten zurück, die Blumenhüllen herrschen vor bei der großen Mehrzahl der Phanerogamen.

Die eingehende Vergleichung und Entwicklungsgeschichte der Blüthenhülle ist Gegenstand der vergleichenden Morphologie und Systematik. Wir machen nur auf die wichtigsten Züge hier aufmerksam:

A. Stellung der Blätter in der Blüthe.

Die Blüthenhülle besteht aus zwei-, drei-, vier-, fünfgliedrigen Wirteln oder aus Cyclen von zahlreichen Blättern. Es ist im Allgemeinen zwischen dem cyclischen und dem wirtelgliedrigen Bau zu unterscheiden. Eine allgemeine Beziehung zwischen der Blattstellung in der Laubregion und der Blüthe besteht nicht:

1⁰ es können streng wirtelgliedrige Blüthen auf eine cyclische Laubregion folgen, so z. B. der ganze Verwandtschaftskreis der Rosaceen, Pomaceen;

2⁰ auf die streng wirtelig decussirte Laubregion folgt die cyclische Blüthe, z. B. Calycantheen;

3⁰ auf die streng cyclische Laubregion folgt die ebenfalls cyclische Blüthe: Ranunculaceen, Magnoliaceen, Nymphæaceen;

4⁰ auf die streng wirtelige Laubregion folgt die streng wirtelgliedrige Region der Blüthe: Oleaceen, Corneen u. a. m.

Der äußere Blattkreis, Kelch, welcher durch laubige Textur und etwas gesteigerte Gefäßbündelentwicklung, gegenüber dem inneren Blüthenkreis der Blumenkrone, ausgezeichnet ist, und die durch das Auftreten der prächtigen Farben und die zartere Textur und geringere Ausbildung der Gefäßbündel auffällige Blumenkrone können in der Blattstellung gleiche Anordnung zeigen, oder sie weichen von einander ab. Zu unterscheiden sind:

I. isoradiäre Blüthen, Kelch und Krone erlangen in ihren Gliedern gleiche Ausdehnung und sind meist gleichzählige Wirtel. Solche Blüthen können durch soviel Ebenen in zwei gleiche Hälften getheilt werden, als Blattglieder in ihnen enthalten sind;

II. ein Theil der Blüthen- und Kelchblätter oder der Blüthenblätter allein verwächst oder es verwachsen alle: gamopetale, gamosepale Blüthen;

III. ein Theil der Blätter im Kelch oder in der Blumenkrone wird stärker entwickelt. Die Ebene, in welcher diese Förderung stattfindet, ist

die einzige Theilungsebene, welche die Blüthe ſymmetriſch hälftet: zygomorphe Blüthe, Orchideen, Labiatiflorae u. a. m.;

IV. ein Theil der Blüthen und Kelchblätter ſchlägt nach der mikroſkopiſchen Anlegung fehl: Delphinium, Aconitum u. a. m.;

a) der Scheinkelch wird zum Theil aus dem vorhergehenden Blattkreis der Hochblätter erſetzt, z. B. Polygaleen;

b) der Kelch wird blumenkronenartig: Aconitum, Delphinium;

V. ein Theil der Blumenblätter (oder alle) geſtaltet ſich zu kapuzen- oder ſpornförmigen Gebilden: Sporn der Viola. Dadurch wird die Blüthe zygomorph. Hier betheiligen ſich auch die Staubgefäße an der Spornbildung, inſofern zwei dem ſporntragenden Blumenblatt gegenüber ſtehende Staubfäden ihrerſeits Sporne nach dem Blüthenſporn treiben.

Die Blüthe modelt ſich im mikroſkopiſch kleinen Zuſtand als convexe Zweigknoſpe, an welcher in raſcher Succeſſion die Blüthentheile als mikroſkopiſche Zellenwärzchen in cycliſcher oder wirteliger Folge auftreten. Die Reihenfolge an dem flacheren oder ſteileren Vegetationspunkt des Blüthenzweiges iſt ganz allgemein:

1° Kreis der Sepala oder Kelchblätter;

2° Kreis der Petala oder Blumenblätter;

3° Kreis der Antheren oder Staubblätter;

4° Kreis der Carpelle oder Fruchtblätter.

Nun modelt ſich während des Heranwachſens und der Anlegung dieſer aufeinander folgenden Kreiſe die Blüthe in verſchiedener Weiſe. Alle Theile ſind in ſicherem Sinne plaſtiſche Erhebungen an dem Kegel des Blüthenzweiges. Außer jenen obengenannten Verwachſungen von Kelch- und Blumenblättern kann der dritte Kreis der Staubblätter auf die vorhergehende Blattregion hinaufrücken (Labiatiflorae, der größte Theil der Gamopetalae).

Die Blüthenaxe modelt ſich, indem die Ränder des flachen Kegels ſtärker wachſen, zu einer concaven Scheibe, ſo daß der Scheitel des Vegetationspunktes in eine Vertiefung zu liegen kommt, während Antheren und Carpelle in der Anlegung begriffen ſind (dieß kann eintreten vor der Anlegung der Carpelle oder beider Blattkreiſe). So entſteht die hohle Blüthenaxe, die äußeren Kreiſe der Blüthenhüllen rücken dabei meiſt auf den Rand der hohlen Scheibe (ſie werden mit ihrer Inſertion oberſtändig, wie die beſchreibenden Botaniker ſagen), dieß gilt mehr oder minder auch für die Antheren.

Wachſen im Grund der hohlen Axe die Carpelle ſelbſtändig, ohne mit der Axe zu verſchmelzen, ſo bilden ſie hier unabhängig von den genannten Umbildungen das Gehäuſe der Frucht, z. B. Calycantheen, Roſaceen, wo die aus dem Carpell entſpringende Frucht ganz unabhängig von der hohlen Axe um den Vegetationspunkt entſteht.

Bei den Pomaceen, Oenothereen u. v. a. verwächſt bei dem ge-

schilderten Uebergang die hohle Axe und das Carpell. Dieß ist ein Proceß der Modellirung, welcher ohne das mikroskopische Studium der Entwicklung nicht zugänglich wird (so entsteht der ächt unterständige Fruchtkörper).

Das Bestreben, die zarten Carpelle und Eisprosse zu schützen durch vorbereitende Theile, also wie soeben gezeigt durch die Aushöhlung der Blüthenaxe, wird bei einer Pflanzenfamilie der Cupuliferen noch in dem Sinne übertrieben, daß selbst nach der Anlegung der schon in der hohlen Axe der Blüthe eingeschlossenen, verwachsenen Carpelle die Axe, welche dem Hauptzweig des Blüthenstandes entspricht, sich so modelt, daß das ganze System von mehreren Blüthen nochmals eingehüllt wird in die Cupula. Diese ist bei der Eiche, Buche, Kastanie mit rudimentären Hochblättern versehen (das Tellerchen der Eiche schließt zur Zeit der Blüthe den Blüthenstand vollständig ein bis auf die Narben).

B. Die sexuellen Apparate der Blüthe.

Vollständig unbedeckte Staubblätter und Fruchtblätter entstehen selten (Saurureen, Piperaceen). Wie schon angedeutet ist mindestens ein Kreis von Blüthenhüllen vorbereitend und schützend angelegt oder es treten die Hochblätter hier als Schutzhüllen stellvertretend ein, wenn die Blüthenhüllen fehlen.

1. Die Antheren.

Die Staubblätter treten als kleine Blattwarzen früh in dem Vegetationspunkt der Blüthe auf. Sie modeln sich zunächst lange vor der Streckung ihres Blattstieles zu vierfächerigen Kapselgebilden. Der Formenreichthum ist indeß hier ein sehr großer. Wählt man die gewöhnlichen androgynen Blüthen als Beispiel, so erscheint hier die Anthere im Querschnitt in der Weise gegliedert, daß von der Mediane des Blattes je zwei Fächer nach links und rechts liegen. In der Mediane steht das Connectiv, in welchem das einzige Gefäßbündel endet. Frühzeitig ist das Blatt differenzirt in wenige Lagen von vegetativen Randzellen, welche sich in Dauerzellen umbilden, und die Mutter-, beziehentlich Urmutterzellen des Pollen, welche als geschlossenes Gewebe von zartwandigen plasmareichen Zellen den Raum der Pollenfächer ausfüllen.

Die Stellung der Antheren ist cyclisch oder wirtelig; auf die zuletzt eintretende Verwachsung mit den Blumenblättern bei den Gamopetalen wurde oben aufmerksam gemacht. Der Staubfaden, der Stieltheil des Blattes entwickelt sich zuletzt und hebt das zu dieser Zeit schon halb ausgereifte, mit halb oder ganz reifen Pollenzellen erfüllte Staubblatt über das Niveau des Vegetationspunktes. Die Streckung erfolgt mit der definitiven Knospenentfaltung der Blüthenhülle.

Die Verwachſungen der Staubfäden an der Baſis laſſen ſich z. Th. auf Entwicklungen geſiederter Blätter zurückführen.

Zuſammengeſetzte Antheren.

Anſtatt einfacher Antheren treten ſchon im mikroſkopiſchen Zuſtand gefiederte Blätter auf, welche im Beginn als kleine Blattwarzen erſcheinen. Jeder Fieder wird zu einer Anthere, ſo bei den Tiliaceen, Hypericineen, Ficoideen.

Vor jedem Blüthenblatt tritt eine Zellenwarze auf, welche ſich wie ein gefiedertes Blatt verzweigt. Aus jeder Verzweigung entſteht eine zweifächerige Anthere. Auffällig iſt hier eine Gabelung im Connectiv, welche die Antherenhälften von einander entfernt, z. B. bei den Malvaceen. Auch die Linden bilden ſolche zuſammengeſetzte Antheren. Bei den einheimiſchen werden alle Blätter in dieſem Sinne in Antheren umgebildet, bei manchen amerikaniſchen und ſüdeuropäiſchen dagegen werden die oberen Fieder zu blumenblätterartigen Gebilden. Bei Mesembryanthemum werden dagegen die unteren Abſchnitte zu Blumenblättern.

Eine weitere Reihe von Abweichungen liegt in der vorwiegenden Entwicklung des Connectivs in die Breite. Dasſelbe erhält eine abenteuerliche Kapuzenform, z. B. Tacca (Liliaceen).

Bei Patamogeton wird das Connectiv flächenartig verbreitert (als Perianthium fälſchlich bezeichnet). Eine Gabelung des Connectivs findet ſich bei Adoxa. Jeder Theil der Gabelung iſt einfächerig. Umbildungen und Wucherungen des Connectivs finden ſich bei den Labiaten und Scrophularieen. Das Filament macht im letzten Fall noch eine Drehung. Bei Zostera wird das Connectiv der Anthere ohne Filament zu einem breiten, die beiden Hälften trennenden Lappen.

Eine andere Reihe von Abweichungen in der Bildung der Antheren entſteht durch Fehlſchlagen der einen Antherenhälfte. So wird der ganze Antherenkreis deformirt bei den Selagineen und bei Acanthus.

Alle die eben genannten Antheren werden in der beſchreibenden Botanik zu den einfächerigen gerechnet.

Ziemlich allgemein verbreitet iſt die Reſorption der zwei Scheidewände im Inneren der Antheren, welche die zwei Fächer urſprünglich trennten, dadurch wird die Anthere zweifächrig. Ausnahmen von dieſer verbreitetſten Erſcheinung finden ſich bei Tetratheca und einigen Ariſtolochieen.

Wucherungen der Antherenwand am Ende der Fächer finden ſich bei Vaccinium und den unter dem Namen der Bicornes zuſammengeſtellten Ericaceen. Am Filamente finden ſich nebenblattartige Gebilde bei den Melaſtomaceen.

Zur Zeit der Reife platzt die Anthere in Folge der Austrocknung und

des verschiedenen Widerstandes der Zellmembranen. Meist liegt der Riß in dem Vereinigungscanal der beiden Fächer und parallel der Längsaxe der Anthere.

In manchen Fällen löst sich die Antherenwand durch Verflüssigung: Calla æthiopica. Die Wand der Anthere wird namentlich in der Epidermisschicht mannigfach verdickt (Spiralfaserzellen, Netzfaserzellen).

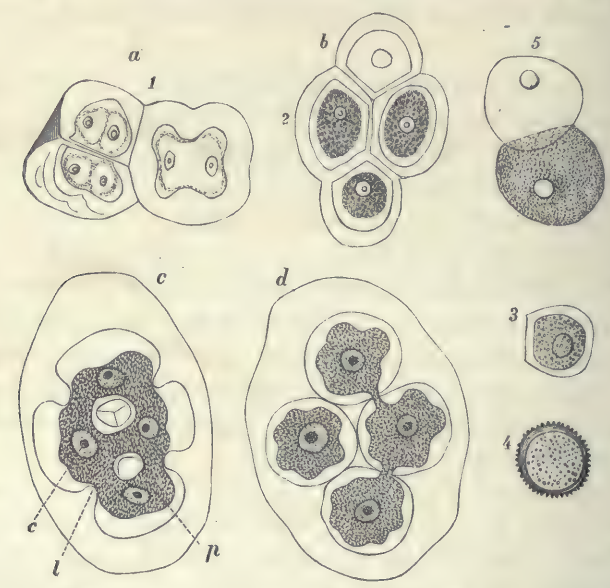


Fig. 269. Malva rosea. Pollenmutterzellen mit quellender Membran. *a* Pollenmutterzellen. *b* Pollenmutterzellen in vier Specialmutterzellen getheilt. *3* solcher Zustand isolirt. *5* leere Special-Mutterzellen. *4* reifer Pollen. Bildung der Special-Mutterzellen von Althæa rosea. *l* die Zellstoffleisten. *p* die Primordialzellen. *c* Nucleus. Pflanzenphys. Untersuch. von Nägeli und Cramer, 1. Heft. Zürich 1855.

Bei der Anlegung von Staubfaden und Staubblatt beugt sich der Theil, welcher die Antherenfächer entwickelt, nach unten. Bei den Eriaceen tritt diese Umwandlung der Wachsthumsrichtung in verschiedenen Zeiten ein. Das Staubblatt kippt wie ein Wagebalken und beschreibt dabei eine Bahn von 180°.

Die Antheren von Pyrola vollziehen diese Bewegung erst beim Oeffnen der Blüthe oder nachdem die Blüthe schon geöffnet ist.

Die Theilung der Pollenmutterzelle geschieht so, daß vier Tochterzellen entstehen, Fig. 269.

Der primäre Kern löst sich vor der Theilung auf, es entstehen zwei secundäre, sodann vier tertiäre, so verhalten sich die meisten Liliaceen.

Gleichzeitige Ausbildung von vier Tochterzellen findet sich bei Iris und Najas.

Ist die Mutterzelle geschichtet, Fig. 269, so bilden die Scheidewände

eine Fortſetzung der innerſten Schicht. Die Schichtung entſpricht hier, wie ſchon früher erwähnt (Bd. I, S. 113), keineswegs einer Anlagerung von innen, ſondern kann eben ſo gut eine Differenzirung durch Intusſusception ſein.

Eine auffällige Verdickung der Specialmutterzellhäute iſt bei den Monocotyledonen nicht beobachtet.

Zuletzt bildet ſich in jeder Specialmutterzelle eine Membran um den plasmatiſchen Zellinhalt, dieſe iſt die Membran der künftigen Pollenzelle, Fig. 269 4.

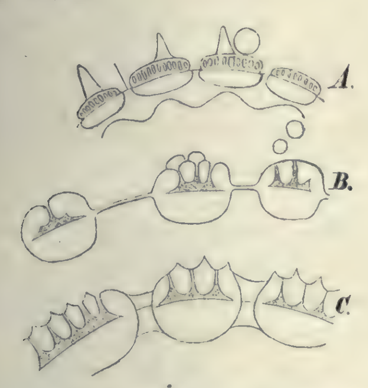


Fig. 270. Schacht, Ueber den Bau einiger Pollenkörner. Pringsh. Jahrb. II. S. 109. *A B C* Durchſchnitt der Pollenkörner von: *A* Lavatera trimestris. *B* Nyctago longifolia. *C* Nyctago longifolia in Schwefelſäure.

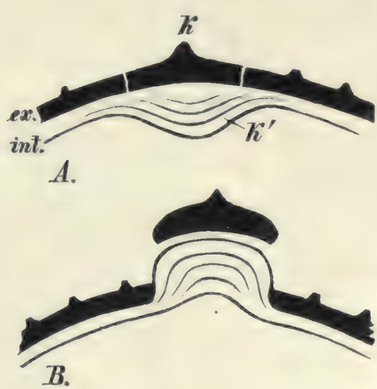


Fig. 271. Cucurbita Pepo. Durchſchnittsparthie durch das Pollenkorn. *ex* Exine. *int* Intine. *K* Deckel. *K'* Verdickung der Intine. In *B* treibt ſoeben die Intine, den Deckel wegſchiebend, den Pollenſchlauch.

Sie differenzirt ſich in eine innere Celluloſe- und eine äußere Cutineſchicht. Die äußere verdickt ſich raſch und bildet ſtachlige oder warzige Vorſprünge. Bei Maranta zebrina quillt die Haut der Pollenzelle außerordentlich leicht in Waſſer und verdünntem Glycerin.

Die Pollenkörner werden frühzeitig iſolirt, noch ehe ſie ausgewachſen ſind.

Bei der Entwicklung des Pollen kommt die ungleiche Verdickung der in centrifugaler Richtung in die Dicke wachſenden Exine zunächſt in Betracht. Zwiſchen Cuticula und innerer Pollenhaut befinden ſich netzartige Räume, welche mit dünnen Canälen nach außen münden, z. B. Mirabilis Jalappa und Mirabilis longiflora, Fig. 270. (Um Durchſchnitte durch ſolche Pollenkörner herzuſtellen, ſchließt man dieſelben in erhärtende Gummimaſſe ein und führt alsdann durch dieſe dünne Durchſchnitte, Fig. 270, 271.) Astrapæa und Cucurbita zeigen Verdickungen der Innenmembran an den Stellen, an welchen der Schlauch austritt, dieſe werden als Reſerveſtoff zur Schlauchbildung verbraucht.

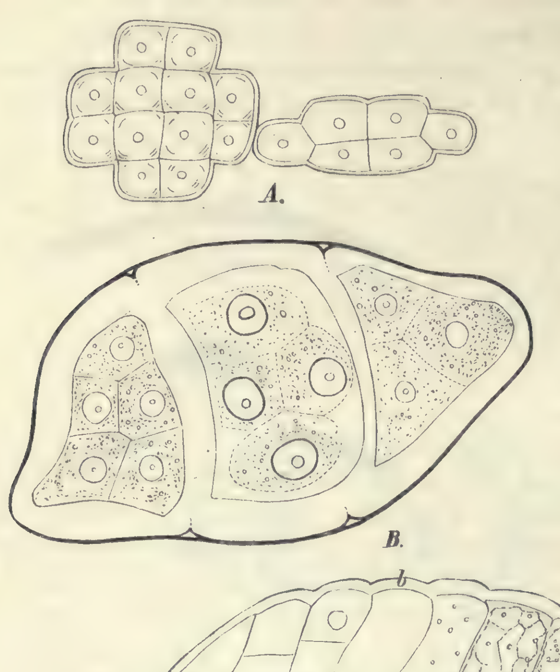
Ziemlich häufig finden ſich bei den Pollenkörnern drei Oeffnungen in der Aequatorialgegend, aus welchen die Schläuche austreten.

Die Exine bildet hervorragende Leiſten und Poren, beſonders lehrreich ſind in dieſer Hinſicht die Pollenkörner der Malvaceen und Cucurbitaceen, Fig. 270, 271.

Die Pollenzellen wachſen noch während der Ausbildung der Anthere. Im Innern des Pollenkornes ſammeln ſich Oel, Plasma, Stärke; im Oel die gelben rothen Pigmente. Bei violetten Pigmenten iſt der Farbſtoff im Waſſer der Zellen gelöſt.

Auffällige Abweichungen in der Pollenbildung zeigen ſich darin, daß mehrere Pollenzellen vereinigt bleiben, Fig. 272.

Die Antheren der meiſten Asclepiadeen enthalten



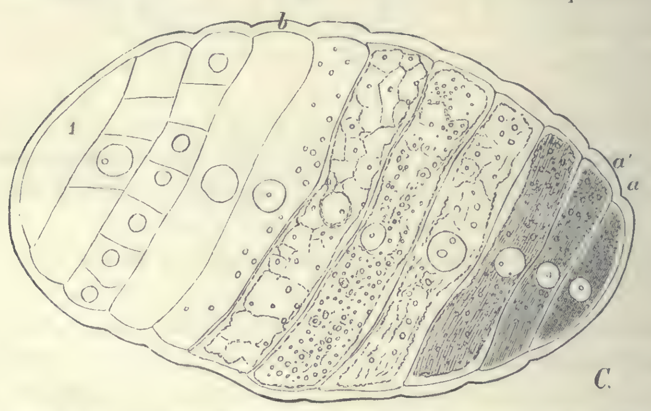


Fig. 272. *A* Pollen der Acacien, von der Fläche und im Durchſchnitt geſehen (ſchematiſch). Das Pollenkorn beſteht aus 16 Zellen. *B* Maſſula von Phajus Wallichii während der Zelltheilung. *C* Asclepias syriaca. Querſchnitt einer Maſſula. Die Pollenmutterzellen von *a* bis *b* ungetheilt, bei *1* in der Theilung begriffen.

eine vielzellige Maſſe, welche in einer gemeinſchaftlichen Exine eingeſchloſſen iſt. In jeder Längshälfte der Anthere differenzirt ſich eine ovale Zellmaſſe, die Urpollenmutterzellen. Die Urpollenmutterzellen beſtehen aus einer einzigen Schicht langgeſtreckter Zellen. Ihre Theilung geht durch Scheidewände vor ſich, welche ſenkrecht auf ihrer Längsrichtung ſtehen, ſo entſtehen Specialmutterzellen, welche direct zu Pollenzellen ausgebildet werden und

in einer gemeinſamen ſpäter cuticulariſirten Hülle eingeſchloſſen ſind. An dieſer Massula bildet ſich die äußere cuticulariſirte und die innere Celluloſemembran. Aber die Wände der Urmutterzellen werden nicht reſorbirt, ſondern bleiben ſtark cuticulariſirt.

Die Pollenſchläuche durchbrechen bei der Keimung dieſe äußerſt kräftigen, ſelbſt der Schwefelſäure widerſtehenden Urmutterzellwände. Mehrere Pollenzellen, durch eine gemeinſame Cuticularſchicht vereinigt, finden ſich als Tetraden ziemlich häufig, auch kommt es vor in mehreren Fällen, daß Einzelzellen neben Tetraden an einer und derſelben Pflanze entſtehen. Bei Lilium finden ſich die Einzelkörner oft durch eine Cuticula verbunden. Bei der normalen Tetradenbildung der Acacien finden ſich 16, 32, 64 Pollenzellen in einer Cuticula vereinigt, Fig. 272 *A*.

Bei Acacia suaveolens liegen acht in einer Ebene, aber vier in zwei Lagen, an den Rändern liegen je zwei Zellen, macht zuſammen ſechzehn.

Bei allen Orchideen entſtehen immer Tetraden mit Ausnahme von Cephalanthera. Die kleinen Tetraden ſind bei vielen Arten zu größeren Massulis verbunden, z. B. bei Orchis ſelbſt.

Durch Reſorption der Querwände in den Massulis, welche die Antherenfächer bei der Anlegung ganz ausfüllen, entſtehen die einzelnen Tetraden bei den ſogenannten Stauborchideen, welche von den Wachsorchideen unterſchieden werden. Zu den erſten gehört z. B. Neottia ovata, Phajus, Fig. 272 *B*, bildet den Uebergang von den Stauborchideen zu den Cereorchideen. Die Pollentetraden des Epipogum beſitzen nur eine einfache Celluloſewand. Die Cuticula fehlt hier oder iſt äußerſt gering ausgebildet.

Die Bildung der Tetraden kommt noch vor bei den Juncaceen (Luzula), bei den Ericaceen, Rhododendron, Ledum, Pyrola (eine Ausnahme bildet Pyrola secunda), ferner bei den Vaccinieen.

Eine zweite Modification der Pollenbildung beruht darin, daß die Wand der Specialmutterzelle bald reſorbirt wird, die urſprünglich tetraëdriſche Pollenzelle wird zur Kugel, z. B. Najas Zostera zeigt eine auffällige Verbreiterung des jugendlichen Antherenfaches, während die Pollenzellen angelegt werden. Die Folge davon iſt, daß dieſe zu einem geſtreckten cylindriſchen Schlauch ausgebildet werden, welcher nur eine äußerſt geringe Cuticula beſitzt. Die Pollen ſind hier zu häutigen Maſſen geballt. Es iſt in dieſem Schlauchpollen eine deutliche Kreisſtrömung des Protoplasma zu beobachten.

Die Tetraden, welche bei der Verſtäubung die Narbe erreichen, werden im Innern erweicht, und die Schläuche durchbrechen die cuticulariſirte gemeinſchaftliche Hülle. Die Pollenſchlauchbildung geht langſam vor ſich bei den Cupuliferen und Orchideen; raſch bei den Cacteen. Bei Mirabilis wächſt der Schlauch in vier Stunden durch den 10 cm langen Griffel. Im

Griffelcanal angekommen, füllen die Schläuche in vielen Fällen denfelben derart, daß fie im Querfchnitt den Anfchein eines engen Parenchyms gewinnen. Es ift leicht den Pollenfchlauch vom Pollenkorn bis zum Eikern zu ifoliren, wenn nicht das Abfterben von dem hinteren nach dem vorderen Ende zu rafch erfolgt. Der Pollenfchlauch findet in vielen Blüthen ein Leitgewebe (thela conductrix) bis zur Mündung des Griffels in die Fruchtknotenhöhle. Wie viel Pollenkörner find zur Befruchtung eines Eies nöthig? KŒHLREUTER ftellte Verfuche mit Mirabilis an, bei welcher die großen Pollenzellen leicht gezählt werden können. Bei diefer Pflanze kommt dem Verfuch noch zu ftatten, daß im Fruchtknoten nur ein Ovulum angelegt ift. Er fand, daß, wenn weniger als fünf Pollenkörner auf die Narbe gelangen, das Ei nicht befruchtet wird. Der Schlauch dringt bis zum Embryofack und in vielen Fällen in das Innere desfelben. Der Pollenfchlauch zerftört, reforbirt die Zellen in feinem Wege. Der Embryofack feinerfeits reforbirt während der Gefchlechtsreife einen Theil des Eikerngewebes.

2. Carpellblätter.

Der letzte Blattkreis fchließt die Entwicklung am Vegetationspunkt des Blüthenzweiges ab. Die Carpellblätter entftehen im Allgemeinen als Blattwarzen, welche fich von oben gefehen zu hufeifenförmigen Wällen geftalten. Die Ränder diefer Wälle verwachfen nach dem Scheitel des Vegetationspunktes zu. Die Commiffuralkante kann bei vielen Fruchtblättern noch erkannt werden, namentlich dann, wenn die Verfchmelzung mit der hohlen Axe der Blüthe nicht erfolgt.

Durch diefe Schließung der Blattorgane zu Hohlräumen, in welche hinein fpäter die Eifproffe wachfen, entftehen die Ovarien (Fruchtknoten). Man unterfcheidet:

a) eingliedrige, apocarpe Piftille, bei diefen fchließt fich ein einziges Blatt in dem genannten Sinne;

b) polycarpe oder fyncarpe Piftille, bei welchen mehrere Blätter gegenfeitig in Verband treten.

Im einfachften Falle ift ein einziges Carpellblatt bei der Bildung des Ovarium betheiligt, Amygdaleen z. B.

Schließen fich, wenn mehrere Fruchtblätter in einem Blüthenzweig zur Anlage kommen, diefelben fo, daß aus je einem Fruchtblatt ein befonderer Hohlkörper entfteht, fo heißt derfelbe ein apocarper Fruchtknoten, die Blüthe wird alsdann zur polycarpen, als Beifpiele nennen wir die Ranunculaceen. Verwachfen die im Wirtel ftehenden und gleichaltrigen Fruchtblätter mit ihren Rändern, fo zwar, daß nur ein einziger Hohlraum von ihnen umfchloffen wird, fo ift der Fruchtknoten paracarp. Die verwachfenen Ränder fpringen bei einigen Familien als leiftenförmige Parenchymwuche-

rungen in das Innere des Hohlraumes und werden zu den Placenten. Diese platten sich gegenseitig ab, ohne zu verwachsen (bestes Object: Monotropa).

Die complicirteste Einrichtung entsteht, wenn die eingeschlagenen Ränder im Centrum zu einer axilen Leiste verwachsen, so daß das Gebilde aus soviel Kammern zusammengesetzt erscheint wie Fruchtblätter zusammentreten: der syncarpe Fruchtknoten. Die Ovula können aus der axilen Placenta in mehreren Reihen hervorsprossen. Bei den Rhododendren, Azaleen treten nach der besprochenen Verwachsung von fünf Carpellen die einzelnen Blattränder nochmals frei als zehn Placenten in fünf Fächern des Fruchtknotens auf. An einem und demselben Fruchtknoten können indeß beide Anordnungen herrschen, so daß derselbe oben und unten syncarp, in der Mitte aber paracarp ist. Bei den Primulaceen, Utricularien, ferner bei Statice und Thesium verwachsen mehrere Carpellblätter zu einem einfächerigen Fruchtknoten und bilden eine nahe dem Axenende des Vegetationspunktes der Blüthe entsprossende cylindrische oder keulenförmige Placente, an welcher die Ovula entwickelt werden (s. Gymnospermie und Angiospermie, oben S. 339 ff.).

Der Fruchtknoten, das Pistill, gliedert sich in drei Theile:

a) basilare Anschwellung,

b) mittlere Röhre und

c) trichter- oder keulenförmig anschwellendes Ende.

Der erste Theil ist das Ovarium, der zweite der Griffel, der dritte die Narbe (Stigma). Die Zahl der verbundenen Blätter kann an den Commissuren eine Zeit lang noch erkannt werden. Nach Anlegung der Narbe kann sich das Wachsthum der Axe so steigern, daß das Ovarium mehr oder weniger in das Ende der Blüthenaxe eingesenkt wird. Bei Fragaria entspringt der Griffel an der Basis des Fruchtknotens. Bei Quercus Cerris und der Mehrzahl der Eichen mit zweijähriger Samenreife sind die Ovula rudimentär bis zum Stäuben des Pollens. Erst im nächsten Jahre zur selben Zeit geht die Entwicklung weiter. Bei Corylus sind zur Zeit der Verstäubung die beiden Carpellblätter noch nicht zum Fruchtknoten verwachsen. Erst nach derselben schließen sie sich und legen die Ovula an. Gegen Ende Mai ist der Fruchtknoten linsengroß, jetzt erst werden die Keimbläschen angelegt. Bei den Eichen mit einjähriger Samenreife verhält sich die Sache ebenso; hier werden die Keimbläschen erst nach der Bestäubung ausgebildet.

3. Placenta und Eispross.

Die Placenten oder Träger der Ovula entstehen aus den Rändern der eingeschlagenen Fruchtblätter. Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Eisprosse. Der Eikern ist eine Zellenwarze, welche bei der großen Mehrzahl der Phanerogamen von einer Hülle, dem Integument, umgeben

wird. Es können zwei Integumente auftreten. Der Arillus entfpricht felbft einem dritten Integument: nach der Geftalt unterfcheidet man atrope oder orthotrope, hemitrope und anatrope Ovula.

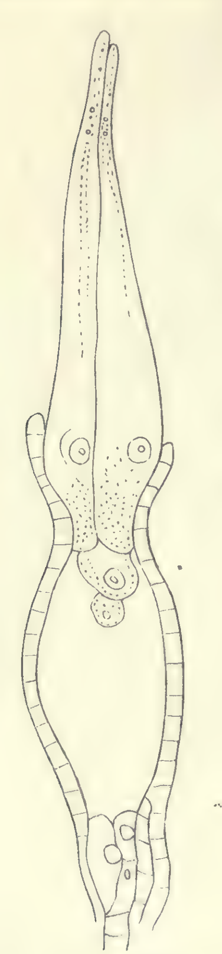


FIG. 273. Bartonia aurea. Der Eifproß zur Zeit der Gefchlechtsreife. Aus der vorderen Mündung des Embryofackes find zwei der Keimbläschen (die Gehilfinnen nach STRASBURGER) hervorgewachfen, jede mit einem Kern, an ihnen haften die eigentlichen fpäter befruchteten und zu Embryoanlagen heranwachfenden Eizellen.

In allen diefen ift die Axe des Eikernes eine gerade Linie. Modelt fich das Ovulum während feines Wachsthums fo, daß der Eikern fich krümmt, fo entftehen camptotrope oder campylotrope Ovula.

Das orthotrope oder atrope Ovulum ift ein Sproß, welcher in gerader Linie von feiner Einfügung an der Placenta aus wächft bis zur vollen Entwicklung zur Zeit der Gefchlechtsreife. Alle Eifproffe waren in früher Entwicklungsphafe orthotrop. Wir können daher die Wachsthumsmodalitäten aller Ovula von diefer Form herleiten. Beugt fich der Eikern zu der Axe des Trägers (Funiculus) um 90°, ohne fich zu krümmen, und fchließt die Entwicklung hiermit ab, fo wird das Ovulum hemitrop.

Bei der Entftehung des anatropen Ovulum muß beachtet werden, daß die Beugung, ohne daß der Eikern feine gerade Richtung verändert, bis 180° fortfchreitet, daß zugleich aber der Funiculus und die Integumente fich fo modeln, daß fie zuletzt verwachfen erfcheinen.

Wenn nun während diefer Wachsthumsvorgänge der Eikern felbft noch Krümmungen ausführt, fo entftehen die camptotropen und campylotropen Ovula. Krümmt fich derfelbe, während die Hemitropie erreicht wird, fo entfteht das campylotrope Ovulum. Modelt fich aber der Eikern während des Uebergangs nach der Anatropie krummlinig, fo entfteht das camptotrope Ovulum. Die Integumente machen alle diefe Umbildungen mit.

Eine centrale Zelle des Eikernes wird zum Embryofack. In einigen, aber feltenen Fällen werden mehrere Zellen des Eikerns zu Embryofäcken: Rosa und Cheiranthus. Bei Viscum entftehen 2—3 Embryofäcke in der Zellmaffe, welche durch Verfchmelzung des Eies mit dem Stammende entftanden ift.

In dem Plasma des Embryofackes findet fich im Beginn ein Zellenkern, fpäter erft treten Amylumkörnchen und Vacuolen auf.

Im Embryofack von Merendera und Pothos findet fich reichlich Amylum.

Bei Iris find die Stärkekörnchen in die kleineren Körner des Plasma gebettet.

Amylum findet fich reichlich in den Nachbarzellen des Eikerns. Nach der Befruchtung fchwindet es durch den Verbrauch im Embryofack.

Auf dem Scheitel des Embryofackes finden fich Längs- und Querleiften von eigenthümlicher Cuticularmaffe (SCHACHT's Fadenapparat). SCHACHT betrachtet diefelben als wefentliche Theile der Keimbläschen. HOFMEISTER betrachtet fie als eine Cuticularwucherung des Embryofackes und als unwefentlich für den fexuellen Act. Vielen Monocotyledonen fehlt dieß Gebilde (z. B. allen Orchideen). Die Keimbläschen ragen bei den Monocotylen nur bei wenigen Arten über den Embryofack hervor. Sie bilden fich im Scheitel des Embryofackes als freie Tochterzellen. In manchen Fällen entftehen zwar mehrere Zellkerne, aber nur einer wird von Plasma und Zellhaut umgeben (Agrostemma, Githago u. m. a.).

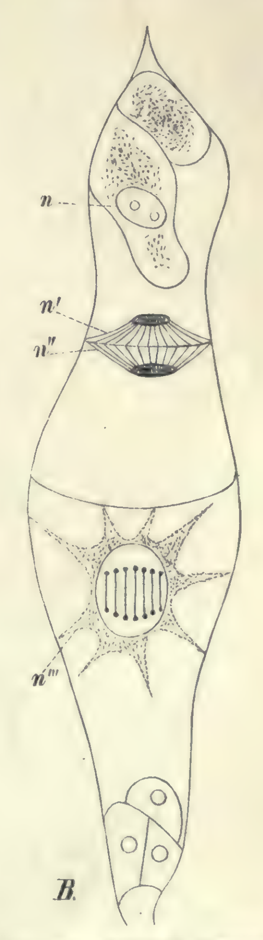


FIG. 274. Monotropa Hypopitys. Embryofack nach der Befruchtung. Er ift in der Mitte getheilt, bei *n' n''* geht foeben die Theilung der Kerne vor fich. Durch wiederholte Theilung der drei Endofpermzellen, welche bis jetzt den Embryofack ausfüllen, entfteht das Endofperm. Im Scheitel, dem vorderen Ende, befinden fich die Eizellen, die Gegenfüßler in dem unteren Ende. (Nach STRASBURGER.)

Die fo entftehenden Zellen find die Eizellen. Der Grad der Ausbildung vor der Befruchtung ift fehr verfchieden. Sie bleiben in der Regel primordiale Zellchen ohne fefte Zellenmembran mit einer centralen Vacuole. Keimbläschen mit fefter Membran bilden fich bei folchen Pflanzen, bei welchen die Anlegung der Keimbläschen im Herbft ftattfindet, während die Befruchtung erft im Frühjahr erfolgt. Die Bildung einer Cuticula kommt namentlich im Scheitel des Embryofackes auch bei den Dicotylen vor (analog den Makrofporen der höheren Kryptogamen).

Die Tochterzellen im entgegengefetzten Ende des Embryofackes, Gegenfüßlerzellen, erreichen oft eine enorme Größe, bei Crocus find fie mit bloßem Auge an dem frei präparirten Embryofack fichtbar. Diefelben ftehen in keinem nachweislichen Zufammenhang mit der Befruchtung.

Bei der Mehrzahl der Pflanzen fanden fich zwei oder drei Eizellen (f. unten unter Polyembryonie). Nur eine liegt genau im Scheitel, die zweite etwas tiefer, die obere wird niemals zum Embryo. Häufig werden vor Ankunft des Pollenfchlauchs alle Eizellen bis auf die zweitoberfte aufgelöft.

Die Anfammlung zunächft membranlofer, kugliger, feltener wolkiger Plasmamaffen macht die Bildung der Gegenfüßlerzellen kenntlich. Sie entftehen wie die Keimbläschen, aber früher im entgegengefetzten Ende des Embryofackes. Sie kommen in der Anzahl von zwei oder drei am häufigften vor. Sie fehlen bei Merendera, Zostera, Paris, Arum, Carex panicea und arenaria und bei Ruppia, ferner bei Patamogeton natans, Alisma, Zea, Sorghum, Coix, Scheuchzeria und Hemerocallis.

§ 34. Die Befruchtung[1]).

Die verftäubten Pollenzellen erreichen den Narbenkörper des Fruchtknotens und keimen dort. Die Narbe ift mit Papillen verfehen, welche ein Secret bilden, welches die Exine der Pollenzelle auflöft. Die Schlauchbildung erfolgt durch das Wachsthum der Intine des Pollenkornes meift nach wenigen Stunden nach der künftlichen Uebertragung. Es ift indeß

[1]) Die Anfchauung von der Gefchlechtlichkeit der Blüthenpflanzen brach fich Bahn im Mittelalter und kam zur vollen Anerkennung Ende des achtzehnten Jahrhunderts.

Spalanzani und Bernhardi fanden, daß die weiblichen Hanfpflanzen zuweilen auch männliche Organe hervorbringen, namentlich nachdem fie eine Verftümmelung erfahren haben.

Bei der diclinifchen Cœlebogyne, welche nur als weibliche Pflanze bekannt war, kommen die Antheren zuweilen rudimentär vor.

1757 wurde von Kœlreuter in Leipzig der Beweis geführt durch künftliche Beftäubung von Nicotiana rustica mit N. Tabaccum und ein Baftard erzielt, welcher die Mitte hielt in den Eigenfchaften der Eltern.

Bei den niederen Pflanzen wurde aus der Analogie auf die Sexualität gefchloffen, nur Thuret's Verfuch mit den Spermatozoiden einer Fucusart und den Eizellen einer anderen kann als ein direct beweifender angefehen werden.

Von der Cœlebogyne waren, wie fchon angegeben, lange Zeit weibliche Pflanzen allein bekannt. Im Kewgarden brachten diefe ohne Befruchtung keimfähige Samen hervor. Neuerdings find aber, wiewohl fehr felten, Antheren gefunden worden. Cœlebogyne ift polyembryon. Die Keimlinge entftehen aber zum Theil als Adventivfproffe des Eikernfcheitels. Karsten fand bei Cœlebogyne die erften Antheren, Mettenius 1864 die zweite (einzige), Dake fand Pollenfchläuche am Embryofack.

Der experimentelle Beweis für die Nothwendigkeit der fexuellen Befruchtung zur Embryobildung wurde an diöcifchen Pflanzen verfucht.

auch möglich auf zähſchleimigen Flüſſigkeiten die Keimung der Pollenzellen zu erzielen. Als ſolche empfehlen ſich Gummiſchleim mit etwas Zucker und Pflanzenſchleime im Allgemeinen.

Der Pollenſchlauch dringt zwiſchen die Cuticula und die Zellhautſchicht des Embryoſackſcheitels ein. Erſtere wird abgehoben, die Cuticularſtreifen haften am Schlauchende. Weſentliche Bedingungen für die Befruchtung ſind:

1⁰ Berührung des Embryoſackſcheitels;

2⁰ Herabwachſen bis zur Grenze der Cuticula des Fadenapparates (Schacht) des Scheitels;

3⁰ Zuſammentreffen des Pollenſchlauches mit dem Keimbläschen. Ein Uebertritt geformter Maſſen iſt nicht beobachtet. Häufig berührt das Schlauchende gar nicht das zu befruchtende Keimbläschen. Bei Ceratophyllum berührt der Schlauch das obere Keimbläschen, das untere aber iſt gleichwohl das ſpäter befruchtete. Richtiger dürfte hier die Anſchauung ſein, daß der Schlauch den ganzen Embryoſack befruchtend anregt.

Camerarius benutzte den Hanf. Er hielt es für gleichgültig, ob der gleichartige oder ganz fremde Pollen wirke. Linné fand bei Cucurbitaceen, was mit den jetzigen Reſultaten übereinſtimmt. Spalanzani erhielt entgegengeſetzte Reſultate wie Linné. Seine Verſuchspflanzen Cannabis und Mercurialis ergaben auch an ſolchen weiblichen Pflanzen Samen, von welchen die männlichen Pflanzen entfernt gehalten wurden. Er brachte dieß in Uebereinſtimmung mit dem, was jetzt die Parthenogeneſe genannt wird.

Autenrieth (1828) fand, daß die weiblichen Pflanzen des Hanfes zuweilen männliche Blüthen anlegen, zumal bei ſtarker Verſtümmelung. Umgekehrt finden ſich bei männlichen Pflanzen zuweilen weibliche Blüthen.

I. Kreuzung.

Die Kreuzung der Pflanzenarten iſt möglich dadurch, daß der Pollen einer Blume derſelben Art oder derſelben Blüthe mit der Narbe einer anderen Blume zuſammenkommt, gleichgültig ob die Blumen Zwitter ſind oder nicht. Man hat gefunden, daß im Allgemeinen Selbſtbefruchtung ſchädlich iſt, während die Kreuzung im Allgemeinen im Kampf um's Daſein der Art nützlich iſt.

Baſtarde zwiſchen zwei Arten ſind in höherem Grade variabel, daher iſt die Baſtardirung ein Mittel für die künſtliche Zuchtwahl, um neue Varietäten zu erzeugen.

Bei der Wechſelbefruchtung kommen nun ohne Zweifel ebenfalls zwei verſchiedene Individuen (wenn auch gleicher Art) mit verſchiedenen inneren Eigenſchaften in Austauſch, daher iſt die Wechſelbefruchtung gleicher Arten als eine Kreuzung äußerlich ähnlichſter Stammformen anzuſehen und die Neigung zum Variiren wird dadurch bei derſelben Art vergrößert. Concurriren Pollen verſchiedener Arten auf der Narbe einer gegebenen Blüthe, ſo trägt der eigene den Sieg davon.

Anders liegt dieß bei ſolchen Pflanzen, deren Verwandtſchaft entfernter iſt als die Artendifferenz, z. B. Viola tricolor, die wilde Form, mit dem Pollen ihrer Gartenvarietäten. Hier iſt oft der fremde Pollen der ſiegreiche.

Man unterſcheidet nach dem Grade der Verwandtſchaft: Varietätenbaſtarde, Speciesbaſtarde, Gattungsbaſtarde.

Ein Pollenschlauch genügt, um einen Embryosack zu befruchten. Bei Litrus, Hemerocallis, Funkia werden mehrere Keimanlagen mit einem einzigen Pollenschlauch gebildet.

Der Pollenschlauch braucht im Allgemeinen kürzere Zeit bei langem Staubweg, bis er die Mikropyle erreicht. Er wird oft schon in der Anthere ausgebildet, z. B. bei den Orchideen und den Zwergblüthen der Viola odorata. Verästelungen des Pollenschlauches sind bei den Monocotyledonen seltener als bei Dicotyledonen, sie kommen vor bei Crocus, Hippeastrum und Funkia cœrulea. Das Hinterende des Schlauches stirbt schon ab, ehe die Spitze das Ei erreicht. Das vordere Schlauchende ist plasmareich.

Das Parenchym des Eikerns über dem Keimbläschen wird durchbohrt, häufig wachsen mehrere Schläuche zwischen dem Integument und dem Parenchym, bis sie den Embryosack treffen. Die Einstülpung des Schlauchs in den Embryosackscheitel ist häufig zu beobachten, am besten bei Canna (Hofmeister). Durchbrechungen des Embryosackes gehören zu den abnormen Vorkommnissen.

Bastarde sind bei Kryptogamen bekannt bei Fucus vesiculosus mit Fucus serratus (Thuret), bei Physcomitrium mit Funaria (Braun), bei Gymnogramme unter sich.

Nach Nägeli (Sitzungsbericht der k. baierisch. Akad. der Wissenschaften 1865. 1866) ist die Bastardbildung nur möglich zwischen nahe verwandten Formen, am leichtesten bei Varietäten und Species oder bei den Species nahverwandter Gattungen. Vielleicht dürfte gerade diese Leichtigkeit der Bastardbildung ein Criterium für die Unterbringung der Species in die Gattung sein. Verschiedene Familien sind verschieden leicht zur Bastardbildung geneigt.

Zwei Reihen von Thatsachen ergeben sich aus den vorhandenen Kreuzungsversuchen.

Wenn eigener und fremder Pollen concurriren, so entsteht kein Bastard. Der fremde Pollen wird überflügelt.

Der Pollen der eigenen Blüthe befruchtet das Ovulum nicht, so lange er allein zur Wirkung kommt, es muß der Pollen anderer Blüthen oder anderer Individuen derselben Art mitwirken. Zur Vermeidung der Selbstbefruchtung bilden zahlreiche Pflanzen dimorphe Blüthen, solche dimorphe Blüthen finden sich bei den Primulaceen, Lineen, Liliaceen. Bei den Primulaceen ist eine Form die langgriffllige, die andere die kurzgriffllige. Die Fruchtbarkeit wird erhöht, wenn der Pollen der einen auf die Narbe der andern (und umgekehrt) gelangt. Hier sind auch die mechanischen Schwierigkeiten für die Selbstbefruchtung sehr groß. Bei den Kurzgrifflern sitzen die Fruchtknoten tief im Grunde, ihre Narbe ist in der Blumenröhre eingeschlossen. Die Antheren sitzen auf dem oberen Rande der Blume. Bei den Langgrifflern ist das Verhältniß umgekehrt, die Narben ragen an sehr langem Griffel über die Mündung der Blumenröhre, dagegen sitzen die Antheren tief im Grunde derselben.

Die nach der Kreuzung entstehenden Individuen sind wieder gemischte Langgriffler und Kurzgriffler.

Die Möglichkeit der Kreuzung erstreckt sich wohl auf verschiedene Gattungen, aber nur selten auf verschiedene Familien unter einander.

Wählt man von einer zwitterblüthigen Art, *a*, den Vater, von der nächstverwand-

Das eine entwicklungsfähige Keimbläschen ist stets das dem Mikropylende entferntere. Bei flachem Embryoscheitel liegt es oft genau im Scheitel, z. B. Colchicum. Wenn, wie selten der Fall, beide Bläschen zur Entwicklung kommen, so eilt doch das tiefer gelegene dem scheitelständigen voraus. Hofmeister denkt sich als Ursache hierfür die größere Nähe an dem Reservoir des Embryosackes, durch welche die Nahrungszufuhr erleichtert ist. Allmälig werden die Zellhäute der Keimbläschen, sowohl des sich entwickelnden als auch des fehlschlagenden, fester (bestes Studienobject ist Nonnea violacea). Im ersteren verschwindet die centrale Vacuole, feinkörniges Plasma füllt den ganzen Raum aus. Der primäre Kern verschwindet auch bei den letzteren. Ein neuer Kern erscheint in der Masse des ersten Keimbläschens.

Eine Querscheidewand, welche dem unteren Ende etwas näher ist, theilt die befruchtete Eizelle in zwei Theile. Die obere ist oft kernlos. Die untere enthält den secundären Kern. Zuweilen besitzen beide Zellen Kerne. Der Bildung der zwei Zellen aus dem Keimbläschen geht in jedem Fall die sphärische Abrundung zweier Protoplasmamassen voraus, auf welche sodann die Wandbildung folgt.

---

ten Art, *b*, die Mutter, so ist die entstehende Bastardform eine Mittelform zwischen beiden. Gleichgültig dabei ist, ob *a* als Mutter, *b* als Vater gewählt wird. Die Kinder sind vollkommen gleich, wie auch die Wahl gewesen sein möge.

Abweichend von den Thieren, deren Bastarde meist unfruchtbar sind, verhalten sich die Pflanzenbastarde, was die Fruchtbarkeit angeht, wie die Stammformen.

Ist die Fruchtbarkeit beschränkt, so beruht dieß nur auf einer gelegentlichen abnormen Ausbildung des Pollens.

Kœlreuter's Versuch: Ein Bastard von Nicotiana rustica und Tabaccum, welcher eine Mittelform der beiden Arten darstellt, wird mit dem Pollen von N. Tabaccum befruchtet. Die entstehenden abgeleiteten Bastarde wurden nochmals mit demselben Pollen belegt. Nachdem dieß dreimal wiederholt war, waren die letzten Blendlinge dem ursprünglichen N. Tabaccum wieder ähnlich.

Auffällige Bastarde in der freien Natur sind durch Wimmer und Wichura bei den Weiden bekannt. Häufig sind Bastarde bei den Compositen, so namentlich bei den Cirsiumarten.

Es besteht eine Art sexuelle Affinität, welche sich in der leichten Bastardirung zwischen zwei Pflanzen kenntlich macht.

Dieselbe geht nicht parallel der morphologischen Aehnlichkeit, was schon daraus hervorgeht, daß Bastardirung nicht gelungen ist zwischen Apfel und Birne, Anagallis cærulea und Anagallis arvensis, Primula officinalis und Primula elatior, Nigella damascena und Nigella sativa, während sie gelingt zwischen Lychnis diurna und Lychnis floscuculi, Aegilops ovata und Triticum vulgare, Pfirsich und Mandel.

Weiter sind ganz unfruchtbar die Varietäten derselben Art, so z. B. Silene inflata, var. alpina mit var. angustifolia, var. latifolia mit var. litoralis.

Die sexuelle Reciprocität, die Fähigkeit zweier Pflanzen, als Vater und Mutter wirken zu können, so daß die Pflanze *A* als Vater und die Pflanze *B* als Mutter, aber auch

Die Zeitdauer zwifchen der Ankunft des Schlauchendes und der erften Theilung ift verfchieden, fie ift fehr kurz bei größeren Blüthen: bei Najas werden 12—24 Stunden, bei Orchis 48 Stunden, bei Crocus 80—92 Stunden, bei Arum 8—10 Tage, bei Leucojum 5—17 Tage, bei Merendera 12—20 Tage erfordert (nach HOFMEISTER, Beiträge zur Embryobildung).

Häufig drängt fich das Schlauchende zwifchen den Fadenapparat und die Zellhaut des Embryofackfcheitels und haftet an erfterem feft, fo daß derfelbe beim Abreißen theilweife am Schlauchende hängen bleibt.

Die Membran des Schlauchendes ift oft verdickt und gefchichtet. Ein Tüpfel findet fich bei Crocus am Ende des Schlauches.

Wirkliche Oeffnungen find nirgends beobachtet. Das Eintreffen mehrerer Schläuche in der Mikropyle kommt felten vor, z. B. bei Pothos und Hyacinthus.

Der Fruchtknoten fchwillt fchon, ehe das Schlauchende die Mikropyle erreicht, z. B. bei Gagea und Lilium. Im Allgemeinen wachfen die Integumente vorzugsweife rafch, fo daß das Ei den Raum, welchen diefe umgeben, bald nicht mehr ganz ausfüllt, z. B. Pothos. Das Ei wächft fpäter nach und füllt die Höhlung der Integumente ganz aus. Durch diefes Wachsthum wird oft die Membran des noch aufliegenden Schlauches gefprengt.

---

die Pflanze *B* als Vater und Pflanze *A* als Mutter auftreten, ift gewöhnlich, doch kommt ausnahmsweife der Fall vor, daß *A* nur als Vater und *B* nur als Mutter wirken kann. So zeigte fich Fucus serratus als Mutter, Fucus vesiculosus als Vater unfruchtbar; Fucus serratus als Vater, Fucus vesiculosus als Mutter dagegen fruchtbar. Aehnliches zeigte fich bei Nicotianaarten und bei Mirabilis.

Die fexuelle Affinität zeigt fich in allen Stufen. Das eine Extrem befteht darin, daß der Pollen gar nicht wirkt, das andere darin, daß zahlreiche Samen entftehen.

Dazwifchen kommt es vor, daß die Ovula und Fruchtknoten wachfen, wie nach der normalen Befruchtung, ohne daß Keimlinge gebildet werden, oder es werden felbft Keimlinge gebildet, welche aber nicht keimfähig find.

Die fexuelle Affinität hat ein Maximum zwifchen Pflanzen gleicher Species (Wechfelbefruchtung), kommen nun eigener und fremder Pollen gleichzeitig auf eine Narbe, fo wirkt nur der eigene (von einem anderen Individuum ftammende). Kommt aber der eigene fpäter, fo bleibt er dem früher angekommenen der fremden Art gegenüber unwirkfam.

Die Baftardirung kann dann durch den eigenen Pollen nicht mehr verhindert werden. Dieß wurde beobachtet bei Nicotiana nach 2 Stunden, bei Malva und Hiliscus nach 3 Stunden, bei Dianthus nach 5—6 Stunden.

Baftarde halten in der Regel die Mitte zwifchen den Eltern, feltener ift der Baftard einem der Eltern ähnlicher. Reciproke Baftarde müffen alfo äußerlich gleich fein, $AB = BA$, fie zeigen aber innere Verfchiedenheiten, die durch größere Fruchtbarkeit und Variabilität des einen kenntlich werden.

Nicotiana paniculata (Vater) mit rustica (Mutter) ift fruchtbarer als Nicotiana rustica (Vater) mit paniculata (Mutter).

Digitalis purpureo-luteus ift variabler als Digitalis luteo-purpureus. Wenn eine Elternart größeren Einfluß auf den Baftard hat, fo kann diefer wieder nach mehreren Genera-

Auch der Embryofack wächft und reforbirt das feitliche Parenchym des Eikerns.

Das fcheitelftändige Gewebe derfelben widerfteht der Reforption länger.

Alles Parenchym des Eikerns verfchwindet zuletzt bei der Mehrzahl der Monocotylen.

Eine Ausnahme machen die Cannaceen und Mufaceen, wo das Perifperm die Stelle des Endofperm vertritt.

Bei den Monocotylen kommen Samen, welche zu gleicher Zeit Endofperm und Perifperm ausgebildet haben, nur felten vor.

Bei der Ausbildung der Keimbläschen zum Embryo geht häufig der Theilung eine Größenzunahme voraus. Die untere Zelle bildet dann nur eine kleine Protuberanz, aus welcher der Embryo gebildet wird, an der kuglig angefchwollenen Trägerzelle, f. z. B. Ruppia, Zostera, Alisma, Triglochin, Tulipeen, Gagea, Erythronium. Nach der Theilung haftet das Keimbläschen mehr oder weniger feft am Embryofackfcheitel. Der Vorkeim oder Embryoträger ift einzellig bei Arum, Ruppia, Zostera, mehrzellig bei Alisma, bei Crocus kurz und fädlich; flächenartig durch Längstheilung der

---

tionen wiederholter Einwirkung in diefe Elternart zurückfchlagen, z. B. Dianthus chinensis und caryophylleus. Wird der Baftard mit D. caryophylleus als Vater 3—4 mal belegt, fo kommt eine Form zum Vorfchein, welche nicht mehr von dem gewählten Vater abweicht.

Die Durchdringung der elterlichen Eigenfchaften ift bei den Speciesbaftarden entfchiedener als bei den Varietätsbaftarden. Dieß zeigte fich bei Cytisus laburnum und Cytisus purpureus und bei den Cucumisarten.

Außer den elterlichen Eigenfchaften haben die Baftarde auch noch neue, dahin gehört vor allen die Eigenfchaft des Varietätsbaftards, ftärker zu variiren. Speciesbaftarde find meift gefchlechtlich gefchwächt. Die von nahverwandten Formen herrührenden find meift üppiger in Blatt und Blüthe, blühen früher und länger als die Stammformen. Die männlichen Organe find beim Speciesbaftard in höherem Grade gefchwächt.

Baftarde variiren in der erften Generation um fo weniger, je entfernter die Eltern unter einander verwandt find. Speciesbaftarde zeigen dieß weniger als Varietätsbaftarde. Baftarde, die fich felbft befruchten, variiren in fpäteren Generationen um fo mehr, je geringer die Variabilität anfangs war.

Drei Varietäten treten um fo ficherer auf, je weiter die Stammformen von einander in der Verwandtfchaft entfernt find. Zwei davon entfprechen den Stammformen und eine entfpricht der felbftbefruchteten Varietät. Rückfchlag findet in Folge von Inzucht um fo mehr ftatt, je näher die Stammformen verwandt waren.

Unter dem abgeleiteten Baftard verfteht man den Baftard zwifchen dem gegebenen Baftard und einer feiner Stammformen oder einem zweiten aus den Stammformen hervorgegangenen Blendling. Fortgefetzte Kreuzung eines Baftardes mit einer Stammform bringt jenen wieder zu diefer zurück. Dieß gefchieht verfchieden fchnell, je nachdem man Vater oder Mutter wählt. Je mehr fich fo der Baftard der Stammform nähert, um fo mehr wächft feine Fruchtbarkeit.

Querzellen bei Canna, Pothos, Symplocarpus, Scheuchzeria, Crinum, Crocus, ferner bei Triticum, Hordeum.

In keinem Falle geht die ganze Maffe des Keimbläschens in die Embryoanlage ein. Ueberall tritt zunächft eine Verlängerung parallel der Axe des Eifproffes ein. Das Hinterende theilt fich. Es entfteht fo der Embryoträger (Vorkeim nach HOFMEISTER). Der Embryo entfteht aus der vorderen Zelle des Keimträgers. Der Keimträger wird oft zum langen Schlauch. Diefer Schlauch hat Veranlaffung zu der SCHLEIDEN'fchen Auffaffung über die Befruchtung gegeben, nach welcher der Pollenfchlauch in den Embryofack eindringt und feine Endigung zur Keimkugel umbildet (DAKE's Präparat). — Tulipa, Fritillaria und viele Papilionaceen haben maffige Vorkeime. Die Zellen find nach allen drei Richtungen des Raumes theilungsfähig. Vorkeimverzweigungen finden fich als gelappte Vorkeime bei Ribes. Tropæolum bietet den Fall höchfter Vorkeimverzweigung. — Die Verzweigungen durchbrechen die Integumente. Ein folcher Zweig vermag

---

Wird ein Baftard mit Stammformen oder einem anderen Baftard vereinigt, fo können in dem derivirten die Eigenfchaften von zwei, drei, vier bis fechs Species gemifcht fein.

II. Rückwirkung auf bereits angelegte Theile.

Bei der Mifchung einer Bohnenart mit einfarbiger Samenfchale mit einer anderen von andersfarbiger entftehen Samen mit geflecktem Integument. Das Integument der Bohne ift der Anlage nach vorhanden lange bevor der gefchlechtliche Act eintritt. Kommen nun Spielarten mit verfchiedenfarbiger Samenfchale zur Kreuzung, fo zeigt der Baftard in der Farbe feines Integuments (Samenfchale) die Farben der beiden Stammeltern (f. auch HOFFMANN, Bot. Ztg. 1877).

III. Pfropfhybride.

Bei der Vereinigung vegetativer Knofpenanlagen durch Pfropfen und Oculiren wird eine ähnliche Mifchbildung erzielt, wie bei der Baftardbildung durch wechfelfeitige Befruchtung. Wird z. B. Cytisus purpureus auf Cytisus laburnum gepfropft, fo zeigt das entftehende Reis eine auffallende Mifchung derart, daß in einer Blüthentraube Blüthen von Cytisus purpureus und Blüthen von Cytisus laburnum vorkommen. Ferner entftehen Blüthen, in welchen die Farben beider vereint find, und Trauben, welche nur C. laburnum, und endlich andere Trauben, welche nur dem C. purpureus entfprechen. Ebenfo zeigt die Copulation verfchiedener Reben Trauben mit gemifchtfarbigen Beeren.

IV. Infectenhilfe bei der Befruchtung.

Nachdem SPRENGEL feine erften Unterfuchungen über die Nothwendigkeit des Infectenbefuches veröffentlicht hatte, vergingen beinahe 50 Jahre, ehe DARWIN in feinem erften Buch die Gefetze der Generation aus folchen Beobachtungen ableitete.

Die Pflanze ift beftrebt die Selbftbefruchtung zu vermeiden, fie erreicht dieß:

1⁰ durch die Diclinie, z. B. Cupuliferen, Salicineen, Acerineen;

2⁰ durch die Protogynie: die weiblichen Blüthentheile find früher gefchlechtsreif als die männlichen, z. B. Corylus. Die Unfruchtbarkeit der amerikanifchen Ahorne, Um-

den ganzen Samen zu umſchlingen. In den meiſten Fällen iſt das nächſte unter den ſcheitelſtändigen Keimbläschen das entwicklungsfähige, die Gegenfüßlerzellen und übrigen Keimbläschen gehen zu Grunde.

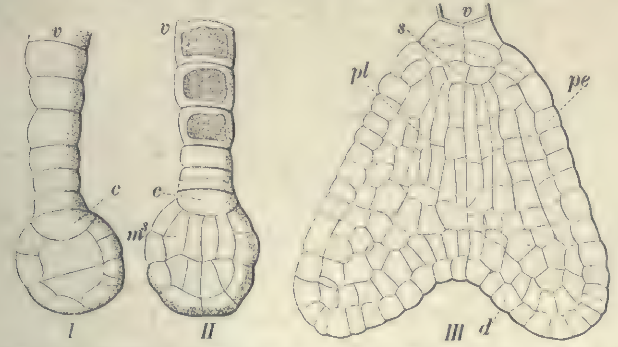


Fig. 275. Entwicklung des Keimlings von Capsella bursa pastoris. (Hanstein, Botan. Abh. I. Heft 1870.) *v* der Vorkeim, *c* Anſchluß der Hypophyſenzelle, *s* die aus der Hypophyſenzelle *c* hervorgegangenen Schlußzellen des Periblems, *pe* Periblem, *pl* das Plerom. In *I* iſt die Keimkugel im Innern noch im Zuſtande von vier Zellen etwa, dieſe theilen ſich nach dem Zuſtand *II*, in *III* ſind die beiden Keimblätter bereits angelegt, eine mit *d* bezeichnet (vergl. Fig. 276 *D*).

Eine genauere Entwicklungsgeſchichte des Keimlings in den weiteren Keimphaſen verdanken wir Hanstein. Wählen wir den Keim der Capsella, Fig. 275, ſo bildet ſich aus der Endzelle des Vorkeims *V* in *I* der genannten Figur zunächſt durch Quadrantentheilung das Keimkügelchen mit

---

belliſeren, Geranien beruht darin, daß die Wechſelbefruchtung bei uns unmöglich iſt, weil die Inſecten fehlen;

3⁰ durch die Protandrie: die Männchen ſind früher geſchlechtsreif, z. B. Scrophularien, Solaneen;

4⁰ durch adaptive Einrichtungen in der Blüthe, welche das Anfliegen des eigenen Pollens erſchweren oder ganz unmöglich machen, wenn die Inſectenhilfe fehlt.

Ficus wird durch Gallweſpen befruchtet, welche ſich im Conceptaculum fangen.

Neben der Autogamie, Selbſtbeſtäubung, iſt die Allogamie, die Wechſel- oder Fremdbeſtäubung durch Wind und Inſecten, in's Auge zu faſſen.

Hier iſt zu unterſcheiden:

a) die Befruchtung zwiſchen den Blüthen einer und derſelben Pflanze;

b) die Wechſelbefruchtung zwiſchen den Blüthen verſchiedener Individuen.

Die Fremdbefruchtung iſt bei einer und derſelben Species wirkſamer als die Selbſtbefruchtung. Bei Carica Papaya liefern die diöciſchen Blüthen eßbare, die ſeltenen Zwitterblüthen ungenießbare Früchte.

Die Selbſtbefruchtung tritt erſt bei ausbleibendem Inſectenbeſuch ein, z. B. bei Stellaria graminea, Rhinanthus major, Malva rotundifolia, dieſe Arten biegen ihre Narben abwärts zum Pollen, oder Myosotis, Lithosperum, Cruciferen, dieſe biegen die Antheren über die Narben. Bei Melampyrum pratense ſenken ſich die Narben zur Falllinie des Pollens. Bei den Urticeen und Moreen wird der Pollen durch die Schnellkraft der Filamente zerſtreut. Bei Syringa und Simphoricarpos wird der Rüſſel oder Kopf des Inſectes durch Honig klebrig gemacht. Bei Vinca Polygala wird der Kopf oder Rüſſel des beſuchenden Inſectes von dem Narbenſecret klebrig. Bryonia, Marrubium machen den

der Anfchlußzelle *c* an die Vorkeimzellen. Sodann theilen fich die Randzellen, welche fpäter in die Mutterzellen des Dermatogens übergehen.

An dem Keimling modelt fich während der Theilung und des Wachsthums und während derfelbe noch mit dem Vorkeim *v*, Fig. 275, in Ver-

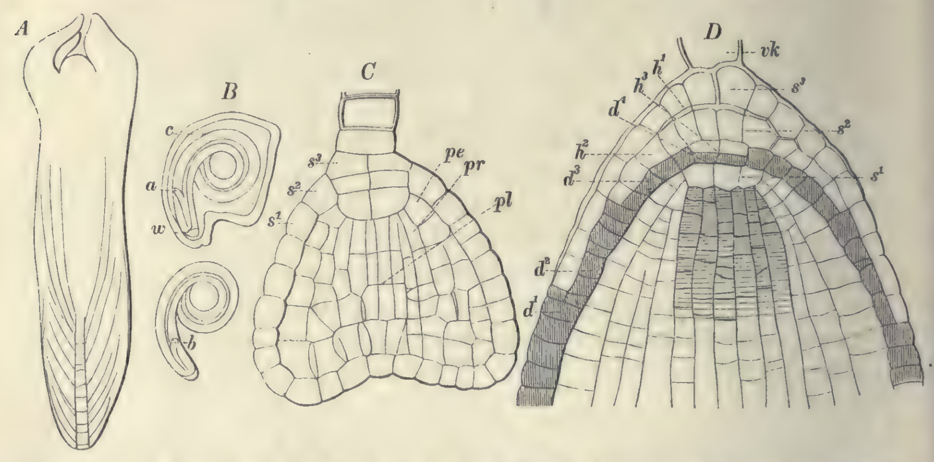


Fig. 276. *A* der Keimling von Pinus Laricio, in dem oberen Ende die Keimknofpe und mehrere Cotyledonen, das untere Wurzelende zeigt einen centralen Strang von Zellen, um welche die Zellenfchalen geordnet find ähnlich wie die Wurzelhaubenzellen; diefe Convolute fchülfern fich bei der Keimung fämmtlich ab. *B* Same mit den austretenden Wurzelenden von Allium Cepa (nach Sachs). Das Blatt bleibt eine Zeit lang eingehüllt im Endofperm ftecken. *C D* Entwicklungsftadium des Dicotylenkeimes (nach Hanstein). Bei *C* und *D* die Endzellen des Vorkeims, an diefe fchließen fich an: s^3 die Anfangszellen der Wurzelhaube, s^2 die Schlußzellengruppe des Dermatogens, s^1 die Schlußzellengruppe des Periblems. *h* find in *D* die Wurzelhaubenzellen, *d* das Dermatogen und feine Vermehrungszellen.

bindung ift, das Wurzelende, welches zunächft ohne eine anatomifche Differenzirung in die Keimaxe übergeht. An diefer treten früher oder fpäter die beiden Cotyledonen (vergl. Fig. 275 *I II III*, Fig. 276 *C D*) auf. Parallel mit diefer Entwicklung laufen die nachfolgend zu betrachtenden Vorgänge im Embryofack und Fruchtknoten.

Kopf und den Rüffel des befuchenden Infectes durch das Pollenfecret klebrig. Bei Asclepias bleiben die Pollenmaffulae mit einem Klebekörper an den Krallen der Infecten haften. Auffallend geftaltete, gefärbte oder riechende Blumen find an Infecten oder felbft kleine Vögel (Colibris) angepaßt.

Die durch Wind beftaubten Blüthen haben nicht jene auffallenden Eigenfchaften.

Bei Melandrium wird durch Fremdbefruchtung die Diclinie herbeigeführt. Die Antheren fchlagen fehl. Befällt eine Ustilago antherarum eine folche Blüthe, fo werden die fonft fehlfchlagenden Antheren zur normalen Ausbildung angeregt.

Die Compofiten haben ihre Blüthen in verfchiedener Weife angepaßt:

a) die Farbe der Randblüthen dient der Anlockung der Infecten;

b) die Randblüthe dient als Ruhepunkt, Anflugsftätte für das Infect;

c) die Randblüthe dient als Schutz gegen Regen, wenn fie fich umlegt und die Scheibenblüthen bedeckt, bei Calendula.

Der Antherenring wird durch den Befuch der Infecten gereizt und zurückgefchoben,

A. Nebenwirkung der Befruchtung.

1. Endospermbildung.

Die Zellen des Endosperm entstehen aus dem Protoplasma des Embryosackes.

Zuerst entstehen die Kerne in der Wandschicht des Embryosackes, um die Kerne bilden sich zarte Plasmazellen, welche bald die ganze Wand belegen.

Treten die Zellkerne im Wandbeleg in einiger Entfernung von einander auf, so daß die Zellen sich nicht berühren, so werden dieselben kuglig, trennen sich vom Wandbeleg, schwimmen in's Innere des Embryosackes. Der Vorgang der Zellbildung wiederholt sich. Allmälig wird der ganze Embryosack mit einem Brei von Zellen angefüllt, welche sich endlich zu einem geschlossenen Gewebe verbinden.

Bei den Aroideen findet nur eine einseitige Bildung von Endosperm im Embryosack statt. Das untere Ende bleibt frei und leer. In allen Fällen ist die Endospermbildung beendet, ehe noch der Embryo gereift ist. Häufig greift derselbe das Endosperm wieder an. Bei mehreren endospermlosen Samen unterblieb jedoch die Bildung des geschlossenen Endospermgewebes.

Die Endospermbildung beginnt mit dem Verschwinden des primären Embryosackzellkerns. Dieselbe kann bei den Dicotylen durch Theilung des Embryosackes und durch freie Zellbildung vor sich gehen. Die erste Weise kommt den Personaten, Scrophularieen und ihren Verwandten zu.

---

die auf der Innenfläche conceptionsfähigen Narben werden dadurch frei und durch einen zweiten Insectenbesuch befruchtet, bei den Cynareen.

Bei vollkommenen Insectenblüthen ist Selbstbefruchtung meist unmöglich, z. B. Corydalis, Elsholzia, Viola, Reseda odorata, Digitalis purpurea, Mimulus, oder selbst schädlich, z. B. Oncidium, Notylia, Gomezia, Burlingtonia.

Die diclinen Phanerogamen von niederer Organisation besitzen Windblüthen, die höheren Zwitterblüthen mit Selbstbefruchtung. Die höchste Organisation aber liegt in den Insectenblüthen.

Durch regelmäßige Fremdbefruchtung kommt es zum Rückschlag in die Diclinie, z. B. Asparagus, Ribes alpinum, Gnaphalium dioïcum, Rhus cotinus, Melandrium.

Zygomorphe Blüthen sind in der Unterlippe als Anflugsort angepaßt, die Oberlippe dient zum Schutz des Pollens (Regendach), z. B. Orchideen, Labiaten. Bei den Papilionaceen bewirkt die Biene auf der Anflugsfläche das Herausschnellen der Flügel und Antheren. Hier finden sich z. Th. complicirtere mechanische Einrichtungen.

Lathyrus, Vicia, Pisum, Phaseolus besitzen Fegehaare am Griffel, durch welche der Pollen von dem besuchenden Insect oder von den Antheren abgestreift wird. Windpollen ist meist leicht, glatt, lose, Insectenpollen ist schwer, gehäuft oder klebrig oder stachelig.

Die Eriaceen und Scrophularieen besitzen ihre Bestreuungsvorrichtung darin, daß die Anthere um 180° gedreht wird. Die Selbstbefruchtung wird aber immerhin durch einen durch das Insect verursachten Anstoß bewirkt.

Auch bei den Loranthaceen Viscum, Loranthus herrscht die Endospermbildung durch Theilung. Die äußerste Basis des Embryosackes nimmt in der Regel nicht Theil an der Endospermbildung.

Bei den Gramineen entsteht das Endosperm durch freie Zellbildung, in einer einzigen Lage häufen sich die Zellchen an der Wand des Embryosackes. Selten ist der Fall, daß mehrere Schichten von Endospermzellen sich dort auflagern, Cocos z. B. — Bei Nuphar schließt sich der Embryosack durch zwei Zellen, welche durch freie Zellbildung entstanden sind, in der Mitte. Zwei Räume werden dadurch geschaffen, der obere füllt sich mit Endosperm, der untere bleibt leer. Die Labiaten, deren Keimling nur von einer dünnen Schicht von Endospermen umgeben ist, zeigen anschaulichst die Resorption. Das Endosperm wird völlig resorbirt, auch bei den Rosaceen, Pomaceen, Musaceen, Tropæoleen, Geranien. Das Gewebe, welches nach der Befruchtung vom Eikern her erhalten blieb, wird zum Perisperm. Bei einigen Familien füllen sich die Zellen des Perisperm mit Stärke, z. B. Cannaceen, Chenopodeen, Sileneen, Nymphæaceen. Das Endosperm bildet in der Regel keine Intercellularräume, die Wände der Zellen sind vielfach verdickt, werden in der Keimung resorbirt, als Nährmittel für die junge Keimpflanze verbraucht (Studienobject die Palmensamen). Bei Picrinum und Pancratium sprengt das junge Endosperm den Embryosack und das Integument, so daß der junge Keimling frei an die Luft zu liegen kommt. In seltenen Fällen bildet der Keimling Chlorophyll.

2. Wachsthum des Embryosackes.

Das Wachsthum der einzelnen Zelle des Embryosackes ist bis zur Befruchtung nach allen Seiten gleichmäßig. Nach derselben ist dasselbe in mannigfacher Weise verändert. Das Wachsthum geht auf Kosten der Endospermzellen und des Perisperms vor sich, schließlich werden selbst die Integumente angegriffen.

In vielen Fällen bekommt jetzt das bis dahin primordiale Keimbläschen eine Cellulosemembran, wenn nicht vorher schon eine solche vorhanden war. Nach der Befruchtung tritt eine Vergrößerung des Keimbläschens ein.

Dieß ist die Darstellung Hofmeister's. In der großen Mehrzahl der Fälle hat dieser Forscher zwei oder drei Keimbläschen mit Sicherheit beobachtet. Bei polyembryonen Samen werden deren aber unter Umständen acht bis zehn gefordert unter der Voraussetzung, daß für jeden Embryo ein jungfräuliches Keimbläschen präexistiren soll. Strasburger zeigt in neueren Untersuchungen (Ueber Befruchtung. H. Dabis. Jena 1878), daß bei allen untersuchten Pflanzen drei Eizellen (Keimbläschen) angelegt werden, welche in dem Scheitel des Embryosackes in der Weise untergebracht sind, daß in der Regel zwei den Scheitel beherrschen und öfters (so wie bekannt

und namentlich lehrreich bei Bartonia) aus dem Scheitel hervortretende Ausſtülpungen bilden (ſ. Fig. 273). An dieſen haftet die Spitze des Pollenſchlauches. Sie übermitteln die befruchtende Wirkung auf die dritte eigentliche Eizelle, aus welcher der Embryovorkeim und das Keimkügelchen entſteht. Die beiden erſten Eizellen (Keimbläschen) nennt STRASBURGER die Gehilfinnen. Ein Uebertritt geformter Maſſen durch das Pollenſchlauchende nach dem Embryoſack iſt bis jetzt nicht beobachtet. In einigen Fällen beſchränkt ſich die Zahl der Gehilfinnen auf eine für eine Eizelle.

3. Veränderung des Keimlings und Fruchtknotens.

Bei den Phanerogamen finden ſich vielfache Ausnahmen von dem geſetzmäßigen Acte der Befruchtung. Viele Culturpflanzen bilden ſaftige Scheinfrüchte. Die Gartenerdbeere bildet ſelten keimfähige Früchte (die Ovula werden angelegt, aber nicht befruchtet).

Die Bananen bringen ſehr ſelten keimfähige Samen hervor. Die Ovula ſind hier ſchon zur Zeit der Pollenreife verſchrumpft. Scheinfrüchte werden ausgebildet ohne Einfluß des Pollens bei Ricinus und Cœlebogyne.

Bei diöciſchen Arten von Vitis tritt die Beerenbildung ohne Gegenwart der Männchen ein. Die Beeren aber bilden keine Samen aus (Corinthen).

Andererſeits bedarf es in vielen Fällen der Polleneinwirkung der Beſtäubung, um überhaupt das Ei ſoweit vorzubereiten, daß es empfängnißreif werde.

Auffällige Wucherungen des Endoſpermes als Folgen der Befruchtung kommen bei den Santalaceen, Thesium vor, wo eine blaſige Ausſtülpung des Embryoſackes den Eikern durchbohrt.

Blattloſe Embryonen kommen bei den Orchideen und Asarum vor. Corydalis fabacea beſitzt rudimentäre Keimlinge. Monocotyle Keimlinge in Dicotylenfamilien finden ſich bei Carum bulbocastanum, Trapa, Ranunculus Ficaria, bei den Delphinen mit Knollrhizomen, bei Corydalis mit Knollen.

Bei der Ausbildung der Keimlinge überwiegt bald das Wurzelende, bald die Keimknoſpe (Plumula). Bemerkenswerth iſt hier Najas und Ruppia. Die Mehrzahl der Embryonen bildet indeß zwei größere Keimblätter aus. Scheinfrucht und Scheinſamen kommen Ficus zu. Die Piperaceen haben meiſt Scheinfrüchte. Werden bei Lychnis dioïca die weiblichen Exemplare iſolirt und mit fremden Pollen von Dianthus beſtäubt, ſo entſteht eine Frucht ohne Embryonen. Pflanzen, welche gar nicht befruchtet wurden, bringen nicht einmal eine Scheinfrucht hervor.

Bei Pyrus kommen oft reife Früchte ohne Samen vor. Es geht hieraus und aus zahlreichen ähnlichen Thatſachen zur Evidenz die anregende Wirkung des Pollenſchlauches auf die ganze Blüthe oder mindeſtens auf die Blüthenaxe und Carpellblätter hervor.

4. Polyembryonie.

Polyembryone Samen sind solche, welche mehrere Keimlinge in einem Embryosack hervorbringen. Bei Funkia finden sich 3—5, Citrus 7—9—10 Embryonen in einem Samen. Gleichwohl findet man nur drei Keimbläschen in einem Ei mit Sicherheit, z. B. bei Funkia cœrulea. Bei Citrus wollen einige dagegen eine große Zahl breiartig den Scheitel des Embryosackes ausfüllende Keimbläschen beobachtet haben.

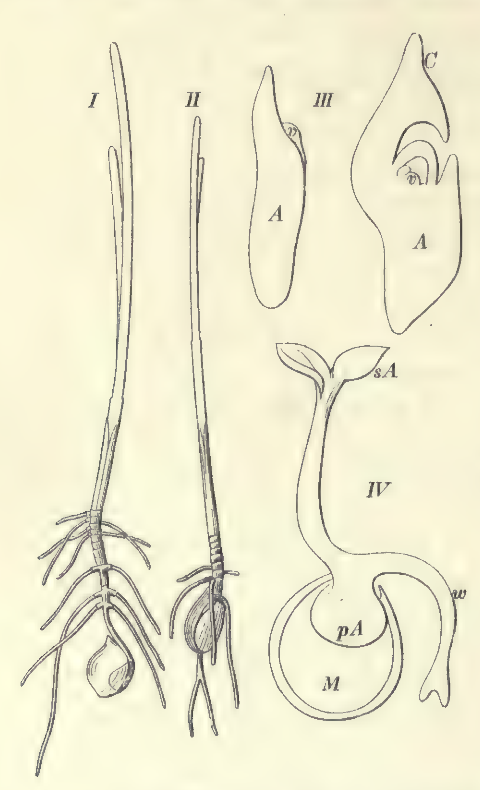


Fig. 277. *I II* zwei Keimpflanzen von Phucagrostis (Najadeen) nach Bornet. Die junge Keimpflanze ist in das scheidenartige Keimblatt eingehüllt, besitzt zwei Laubblätter und ist vielfach adventiv bewurzelt. *III* Keimlinge des Roggens in verschiedener Entwicklung, *A* die Keimaxe, *C* das Schildchen, *v* Vegetationshügel vor der vollen Reife der Frucht. *IV* Keimpflanze von Selaginella, schematisch, *pA* Fuß oder primäre Axe, mit welcher die junge Keimpflanze in der Makrospore wurzelt, *w* die erdtüchtige Wurzel, *sA* die beblätterte Axe.

Der Pollenschlauch berührt bei Citrus den Scheitel des Embryosackes und kommt mit den tiefer stehenden Keimbläschen nicht in Berührung, dennoch werden zahlreiche Keimanlagen gebildet.

Eine besondere Art von Polyembryonie besteht darin, daß in einem Eikern mehrere Embryosäcke angelegt werden, welche, wenn befruchtet, mehrere Embryonen in der reifen Frucht erzeugen. Viscum ist in dieser Hinsicht lehrreich. In der Regel werden zwei Embryosäcke befruchtet, in jedem entsteht ein Keimling. Die Endosperme der beiden Säcke verwachsen miteinander zu einer einzigen zusammenhängenden Endospermmasse.

Fast alle Asclepiadeen sind polyembryon; 3—5 in allen Keimtheilen wohl ausgebildete, gegenseitig in dem engen Raum der Eihöhle abgeplattete Keimlinge werden hier entwickelt. Polyembryonie wurde noch beobachtet bei Funkia cœrulea und ovata, Nothoscordon fragrans, Mangifera indica, Cœlebogyne ilicifolia. Strasburger zeigt, was nach manchen mikroskopischen Beobachtungen zu vermuthen war, durch genaue Prüfung der Entwicklungsgeschichte, daß bei allen beobachteten Pflanzen nur ein Embryo aus der vorherbestehenden Eizelle gebildet werden kann.

Die übrigen entſtehen, und dieß iſt eine ſexuelle Nebenwirkung der eigenſten Art, als Adventivſproſſe aus denjenigen Eikernzellen, welche in der Nähe des Embryoſackſcheitels befindlich ſind[1]).

Es gibt daher in einem Eiſproß ächte Eiembryonen und Adventivſproſſe der Samenknoſpe.

---

§ 35. Same und Frucht.

Der Same iſt das endliche Derivat der Eiknoſpe. Die Integumente derſelben verhärten, werden zur Samenſchale. Dieſe umſchließt die Reſte des Eikerns (Periſperm), das Gewebe, welches im Embryoſack enthalten iſt (Endoſperm) und endlich den Keimling, welcher bis zur Reife entweder in allen Keimtheilen ausgebildet, vollkommen oder rudimentär iſt. Je nachdem alle vorgenannten Gewebe bis zur Samenreife vorhanden oder durch den heranwachſenden Keimling reſorbirt ſind, unterſcheidet man:

1⁰ endoſperm- und periſpermhaltige Samen, z. B. Nymphæaceen, Piperaceen, Cannaceen, Malvaceen;

2⁰ endoſpermhaltige Samen, Labiaten, Scrophularien, Solaneen, die größere Anzahl der Monocotylen;

3⁰ endoſpermloſe Samen, z. B. Amygdaleen, Pomaceen, Papilionaceae, Cruciferen.

Bei dieſen umhüllt die Samenſchale direct den Keimling. Dieſer hat ſchon während der embryonalen Entwicklung alle Nährkörper in ſich aufgenommen. Die Integumente bilden bei mehreren Familien Haarſchöpfe, welche das Ausfliegen der Samen erleichtern, z. B. Salices, Asclepiadeen.

Geflügelte Integumente bilden ſich bei der Paulownia; Schleimſamen kommen vor bei den Cruciferen, Lineen, Pomaceen (Cydonia) u. a. m.

Im botaniſch ſtrengen Sinne iſt die Frucht das Endproduct aus den Carpellblättern. Es wird daher auf nackte Früchte und ſolche zu achten ſein, bei welchen der Capellblattkreis mehr oder weniger vollſtändig mit der hohlen Axe und den Hochblättern oder ſelbſt den Theilen der Blüthenhülle verwachſen und durch Umbildung verändert iſt. Andererſeits verwachſen bei gewiſſen Familien die Samen mit den Fruchtbehältern. In aufſteigender Richtung von dem Blüthenſtande her läßt

---

[1]) Strasburger, Ueber Polyembryonie. Jena. H. Dabis. 1878, und Vortrag desſelben Forſchers auf der Naturforſcherverſammlung in München 1877.

sich diese Reihe von Umbildungen und Verwachsungen der genannten Theile aufstellen:

A. Der Blüthenstand an der Fruchtbildung betheiligt.

1⁰ In dem sog. Fruchtkörper bleibt die hohle Zweigaxe des gesammten weiblichen Blüthenstandes mit den eingeschlossenen Schließfrüchten in Verbindung. Die erstere wird saftig fleischig. Die Aussaat auf natürlichem Wege ist nur möglich, wenn der saftige Körper verwest, z. B. Ficus. Die Keimung der Embryonen ist nur ermöglicht, wenn die Schließfrucht von den Keimtheilen zerrissen wird;

2⁰ der sog. Fruchtkörper ist eingehüllt in die mehr oder weniger umgebildete, erhärtete Cupula (also ebenso in eine Blüthenstandsaxe), welche zur Zeit der Reife in mehrere Klappen aufspaltet, Fagus, Castanea. Der Same ist in der Schließfrucht, diese in der Cupula eingeschlossen. Hier ist nach der Oeffnung der Cupula immer noch durch die Keimtheile die Wand der Schließfrucht zu sprengen;

3⁰ die Deckschuppe und die Fruchtschuppe erhärten. Die geflügelte Frucht (der Same) fliegt aus, nachdem die Fruchtschuppen an dem sonst intacten Zapfen sich gegenseitig sparrig loslösen: Abies Douglasii;

4⁰ die Deckschuppe geht nach der Bestäubung ein, die Fruchtschuppe erhärtet, die geflügelte Frucht (der Same) fliegt aus wie vorher: Picea;

5⁰ die Deckschuppe verhält sich wie vorher die Fruchtschuppe, löst sich und fällt mit der geflügelten Frucht (dem Samen) ab: Abies (pectinata, balsamea).

B. Die hohle Blüthenaxe und die Blüthenhüllen an der Fruchtbildung betheiligt.

6⁰ Die convexe Blüthenaxe wird saftig fleischig und trägt die einsamigen Schließfrüchte, der Keimling muß die Wand der Schließfrucht durchbrechen: Fragaria;

7⁰ die concave Blüthenaxe umhüllt als saftiger Hohlkörper zahlreiche Schließfrüchte mit außerordentlich harter Schale: Rosa;

8⁰ die schuppigen trockenen Hochblätter tragen in ihrer Achsel die einsamigen Schließfrüchte: Humulus;

9⁰ die saftigen Perigonblätter schließen zu einer Scheinbeere zusammen, umhüllen die nußartige, einsamige Schließfrucht: Morus;

10⁰ die trockenhäutigen Hochblätter der Blüthe umschließen als Balgkapsel die Schließfrucht: Carices;

11⁰ dieselben verwachsen mehr oder weniger vollständig mit der Schließfrucht: Gramineen, z. B. Hordeum, Avena;

12⁰ die hohle Blüthenaxe wird saftig und fleischig: Pomaceen. Sie

umhüllt eine ledrig elaſtiſche Kapſel, welche aus den eingeſenkten Carpellblättern entſtanden iſt: Pyrus; oder ſteinharte, ebenſo entſtandene Schließfrüchte: Cratægus, Sorbus;

13° die ganze Blüthenzweigſpitze wird ſaftig und ſchließt den integumentloſen Eiſproß, das Endoſperm, und in dieſem in der Regel zwei Keimlinge ein: Viscum;

14° die hohle Axe (bei ſog. unterſtändigen Früchten) verwächſt vollſtändig mit den umgebildeten und ihrerſeits verwachſenen Fruchtblättern und wird ſaftig und fleiſchig: Juglans, ſchließt ein zweiſpaltiges (oder ſelten dreiſpaltiges) erhärtetes Gehäuſe und einen Samen ein (unterſtändige Steinbeere).

C. Umbildungen an den freien Fruchtknoten.

Hier kommt zunächſt in Betracht, daß der Fruchtknoten nicht mit der hohlen Axe verwächſt. Es handelt ſich zunächſt alſo um die oberſtändigen. Dieſelben können aus einem Fruchtblatt oder mehreren Fruchtblättern zuſammengeſetzt ſein.

15° In einer Blüthe entſteht durch Fehlſchlagen von mehreren apocarpen Fruchtknoten eine einzige auf ein Carpellblatt zurückführbare Schließfrucht von trockenhäutiger oder holziger Textur der Wand, meiſt einſamig, z. B. Terebinthaceen;

16° in einer Blüthe entſtehen zahlreiche apocarpe Schließfrüchte wie vorher: Ranunculaceen;

17° die trockene oder verhärtete Schließfrucht iſt aus ſyncarpen oder paracarpen, ober- oder unterſtändigen Fruchtknoten gebildet, mit Fehlſchlagungen oder ohne ſolche;

18° der apocarpe, ſyncarpe oder paracarpe Fruchtknoten bildet eine Steinbeere, die äußere Schale wird ſaftig fleiſchig, die innere ſteinartig erhärtet. Als Beiſpiel ein- oder wenigſamige Steinbeeren, die Amygdaleen;

19° apocarpe, ſyncarpe oder paracarpe Fruchtknoten werden in mehrere oder eine einzige ſaftige Schale differenzirt, in welcher die Samen eingebettet ſind: Beerenfrüchte;

20° dieſelben Fruchtknoten ſpringen im Zuſtand der Reife auf:

a) parallel der Commiſſural- oder Verwachſungslinie, aber am äußerſten Rande, Spaltkapſeln (z. B. Salix, Populus);

b) mit Poren oder unregelmäßigen Löchern, Streubüchſen (Papaver, Rhinantaceen);

21° die Früchte zerſpalten ſich in eine beſtimmte Anzahl von Schließfrüchten (z. B. Acerineen), oberſtändige (Umbelliferen), unterſtändige Spaltfrüchte (Schizocarpe). Bei den Papilionaceen zerfällt bei einigen Gattungen die Frucht in quer abbrechende Glieder;

22^0 die Früchte zerfallen in zwei und mehr Klappen (Cruciferae, Papilionaceae). Zahlreiche Früchte find mit Hacken, Stacheln, Haaren befetzt, welche ihre Verfchleppung erleichtern, andere find mit Flugapparaten (Pappus), Haarbüfcheln oder häutigen Flügeln verfehen, durch welche fie windtüchtig werden (f. oben S. 24: Verbreitungsmittel).

Sachregifter

zum erften und zweiten Band.

B.

C.

H.

I.

K.

L.

Q.

R.

S.





